

Grau Geografia
Treball Final de Grau

**Aportació a la reconstrucció de la
dinàmica fluvial del ventall al·luvial
d'Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a
partir de l'anàlisi dendrocronològic de
*Picea abies***

Autora: Laia Casanovas i Arimon

Tutor: Lothar Schulte

8 de setembre de 2017

Curs acadèmic 2016 - 2017

Índex

1. Resum	2
Abstract	
2. Introducció	3
2.1 Context de l’estudi	3
2.2 Estat de coneixement	7
2.3 Definició del problema i justificació	9
2.4 Hipòtesis i objectius	12
2.5 Agraïments	13
3. Àrea d’estudi	14
3.1 Els Alps. Marc fisiogràfic	14
3.2 La conca fluvial d’Eistlenbach	17
3.2.1 Geomorfologia i geologia	17
3.2.2 Climatologia	18
3.2.3 Hidrologia	20
3.2.4 Activitat humana i usos del sòl	20
4. Mètodes i tècniques	20
4.1 Espècies forestals	
4.2 Dendrocronologia	26
4.2.1 Presa de mostres al camp	26
4.2.1.1 Extracció de les mostres	26
4.2.1.2 Selecció	27
4.2.1.3 Dades preses	28
4.2.1.4 Transport i conservació de les mostres	30
4.2.2 Procediment de preparació i datació de les mostres	30
4.2.2.1 Reconstrucció de testimonis	31
4.2.2.2 Mesura dels anells	34
4.2.2.3 Comprovació estadística de la datació	35
4.2.2.4 Validació	35
4.2.3 Datació de dipòsits fluvials i flux d’esllavissades	36
4.2.4 Aportació a la cartografia morfològica	40
5. Resultats	43
5.1 Resultats de la datació	43
5.2 Resultats dendrocronològics	43
5.3 Resultats	49
6. Discussió	51
7. Conclusions	54
8. Bibliografia	55
9. Annexos	59

1. Resum

En el present treball s'exposarà el procediment realitzat per l'obtenció de les edats dels arbres, que posteriorment es relacionarà els dipòsits fluvials que formen part del relleu del con d'Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) i que foren generats per debris flows. L'anàlisi de les anomalies en el creixement dels anells pot reafirmar que certes situacions meteorològiques provoquessin esdeveniments catastròfics (debris flows, inundacions) a la conca estudiada.

Per aconseguir-ho, primer s'exposarà, de forma més teòrica, quins són els anys enregistrats amb fortes tempestes que poden haver tingut aquest tipus de conseqüències devastadores, la comprovació de la qual, a partir de la datació dels cores obtinguts per la sortida de camp el juliol del 2016, formarà part dels resultats. Seguidament hi haurà un recopilatori d'informació d'altres treballs portats a terme per SCHULTE, L. (entre els quals hi ha Eistlenbach) a la vall de Hasli, que aporten informació sedimentològica

Per acabar, l'apartat més pràctic s'explicarà pas per pas la tècnica usada fins aconseguir els resultats que aportaran noves dades a la investigació portada a terme pel doctor LOTHAR SCHULTE i de la qual aquest Treball de Final de Grau en forma part, tot i que es pretén continuar amb el futur amb el Treball de Final de Màster i la tesis doctoral.

Abstract

In this project will expose the procedure realised by the obtainment of the ages of the trees. It will later be related to the alluvial deposits that take part of the topography of the Eistlenbach's cone (Bernese's Alps, Switzerland) and that were eventually created by the debris flows. The analyses about the anomalies regarding the growth between of the tree rings can restate some meteorological situations that could have caused catastrophic events (debris flows, floods) in the catchment area that has been studied.

To achieve it, I will first expose (more theoretically), which are the years that recorded heavy storms that could have had these type of devastating consequences. This checking, taken from cores' data that had been obtained in the work field during the month of July 2016, will take part of the results. Secondly, there will be a recompilation of information from others papers written and carried out by SCHULTE, L. (Eistlenbach being one of them) in the Hasli Valley, which will contribute sedimentology information.

Lastly, the most practical part will explain specifically the technique used to achieve the results that will provide new data on the investigation carried out by the doctor LOTHAR SCHULTE from which this Final Work of Degree takes form part, even if its intention is to be continued in the future with the Master's final project and the doctoral thesis.

2. Introducció

2.1 Context de l’estudi

El treball present començarà posant en relació, a partir de fonts documentals històriques, les tempestes i altres fenòmens – naturals – que afectaren la zona i que provocaren, en major o menor mesura, situacions relativament destructives com avingudes torrencials, inundacions o debris flows, la datació de la qual és un dels objectius finals del treball, que ja s’especificarà en el punt 2.3.

Anteriors treballs realitzats per l’equip de FluvAlps s’han portat a terme en diverses petites conques d’alta muntanya dels Alps Bernesos, amb l’objectiu de detectar grans esdeveniments de baixa freqüència i els efectes del canvi climàtic durant l’Holocè i així poder obtenir un registre natural de fins a 3000 anys. Alguns d’aquests treballs es basarien en les conques del Lütschine [SCHULTE, L., et al., 2009], l’Aar [SCHULTE, L., et al., 2008, 2014], l’Spreitlaui [LOSADA GÓMEZ, J., et al., 2015] o la mateixa Eistlenbach [MONTERRUBIO, G., et al., 2016], tots dintre la vall de l’Aar. A partir de diferents tècniques d’obtenció de mostres i el seu anàlisi – sedimentologia, liquenometria, Carboni 14, cartografia històrica i morfològica, etc. – s’aconsegueix informació dels processos geomorfològics des d’un període temporal tan llunyà que la documentació històrica no ha registrat. No només es recupera la sèrie de successos que ha sofert la dinàmica fluvial del con en concret i el període de retorn, sinó que s’interrelaciona amb la climatologia passada i els seus canvis, les taques i la influència de la força solar o altres fenòmens atmosfèrics que afecten en gran mesura la zona, sempre tenint en compte que la resposta d’aquestes conques de tan poca àrea està fortament influenciada per la fisiografia i la climatologia més local [SCHULTE, L., et al., 2016] i sempre s’han de recolzar i comparar els resultats amb informació d’altres estudis o de documentació històrica.

En el present treball s’usarà la dendrocronologia com a mètode per l’obtenció de dades que posteriorment s’analitzaran. La dendrogeomorfologia – estudis més precisos sobre la morfologia del terreny – és una tècnica de reconstrucció històrica d’esdeveniments de moviments de massa a través dels trastorns en el creixement contingut en els anells dels arbres [PROCTER, E.; STOFFEL, M.; SCHNEUWLY - BOLLSCHWEILER, M. I NEUMANN, M., 2012]. Aquesta ens permetrà entendre tant el procés dels debris flows com el seu caràcter espai - temporal per poder prendre decisions de mitigació respecte els riscos naturals [BOLLSCHWEILER, M., STOFFEL, M., SCHNEUWLY, D.M., 2007]. Aquest treball es concretarà en el risc natural dels debris flows, definit a STOFFEL ET AL., 2005, 2008 CITAT A KOGELNIG - MAYER, B.; STOFFEL, M. I SCHNEUWLY - BOLLSCHWEILER, M. (2013) com un moviment ràpid format per una mescla d’aigua i residus transportant material de diversa mida, que van des d’argila fins a roca d’uns quants metres de diàmetre; l’enterrament d’arbres pel material transportat té un sever impacte en el creixement de l’espècie.

Tal com s’exposarà en el punt 2.3, a Suïssa s’ha convertit en necessari que les institucions realitzin mapes de perillositat de riscos naturals, per poder prendre decisions sobre infraestructures, ordenació territorial, etc. en el futur més pròxim. És per aquesta raó que, segons HILKER, N., BADOUX A. I HEGG, C. (2009), la Swiss Federal Research Institute WSL ha estat recopilant informació sobre inundacions i moviments de massa que han provocat danys materials i humans des del 1972. La informació que proporcionen els mateixos autors [HILKER, N.; et al., 2009], és que a Suïssa, en els últims 36 anys, les avingudes torrencials – inundacions –,

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d'Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l'anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

debris flows, landslides i rockfalls han provocat pèrdues econòmiques d'aproximadament 8000 milions d'euros, tenint en compte la inflació soferta.

Existeixen diverses bases de dades que recullen informació sobre esdeveniments passats relacionats amb els riscos naturals. Aquesta informació l'extreuen, principalment, de les recopilacions realitzades per les autoritats locals i per companyies d'assegurances (SwissRe, Münchener Rück, Allianz, Zurich Insurance Group...) que, al mateix temps, han extret la informació més antiga a partir de documentació històrica o literatura passada que descrivia els fets [HILKER, N., et al., 2009]. La informació de successos passats és tan valorada perquè pot aportar les bases per entendre gran part d'aquests processos, la raó per la qual la Swiss Federal Research Institute WSL porta recollint sistemàticament danys provocats per inundacions, debris flows, landslides des del 1972 i rockfalls (des del 2002) en una base de dades [HEGG et al., 2000, citat a HILKER, N.; et al., 2009; p.2].

Les dades són proporcionades per les institucions oficials encarregades de la planificació dels usos del sòl per una millor protecció i amb l'objectiu de minimitzar l'efecte destructor que poden tenir. Alguns exemples de *databases* serien: una anàlisi de dades publicat a la revista “Wasser Energie Luft” per la Swiss Water Management Association [HILKER et al., 2008]; recopilació de dades al cadastre “StorMe” de la Federal Office for the Environment FOEN [BURREN I EYER, 2000]. Encara que no existeixi una norma general per la gestió de les bases de dades, hi ha el projecte DODOMIS (Documentation for Mountain Disasters) – figura 2.1 – que seria el primer pas per a la documentació dels riscos naturals de muntanya [HÜBL et al., 2002, citat a HILKER, N.; et al., 2009; p.2]. Aquest, si més no, fixa uns passos a seguir a l'hora de recollir les dades necessàries, proporciona les fitxes que s'han d'omplir per descriure l'esdeveniment, els símbols per realitzar el mapa de la zona afectada, les eines necessàries, etc. A sobre aquestes línies es posa d'exemple un dels esquemes que ofereix el mateix DOCUMENTATION OF MOUNTAIN DISASTERS, 2002 per entendre quina és l'organització per obtenir la informació requerida durant i després dels fets.

Tal com es mostra a la figura 2.1, els majors esdeveniments des de l'inici del període són el 1978, el qual l'afectació de debris flows és mínima en comparació amb les inundacions que hi varen haver (igual que en el cas dels fets del 1993), el 1987, 1990, 1999 – conseqüències altament devastadores produïdes pel que es coneix com la tempesta Lothar –, el 2000, 2002 i 2005. S'ha d'aclarir que les dades que proporciona HILKER, N., et al. (2009) és per a tota Suïssa i que poden haver tingut una major o menor incidència a l'àrea d'Eistlenbach. Les principals causes

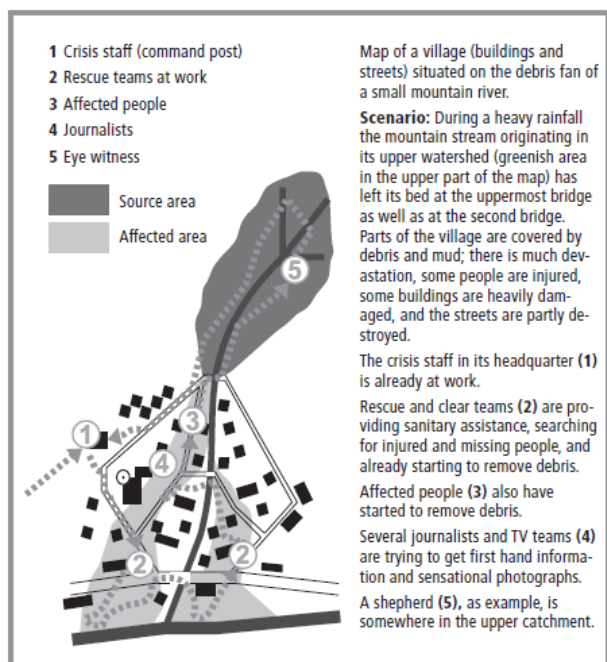


Figura 2.1: Exemple d'organització ideal ideada per DODOMIS. Seqüència d'accions que s'haurien de dur a terme en un escenari de devastació d'un debris sobre una població. **Font:** Documentation of Mountain Disasters, 2002.

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d’Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l’anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

meteorològiques que provoquen esdeveniments d’aquest tipus que originen danys tan elevats són:

- Pluges de llarga duració
- Tempestes (curta duració i alta intensitat)
- Desglaç nival
- Altres causes (sòls saturats, humanes, desconegudes...)

Normalment les dues primeres causes són les principals dels fatídics successos, però les altres dues ajuden a incrementar els efectes devastadors i poden tenir un rol important en el desenvolupament d’avingudes torrencials i altres perills naturals. Els sis majors esdeveniments de la gràfica posterior varen ser suscitats per precipitacions de llarga durada, tot i que en conques petites com és el cas de la d’Eistlenbach qualsevol de les tres primeres causes poden provocar avingudes o debris flows, ja que són molt sensibles a qualsevol fet.

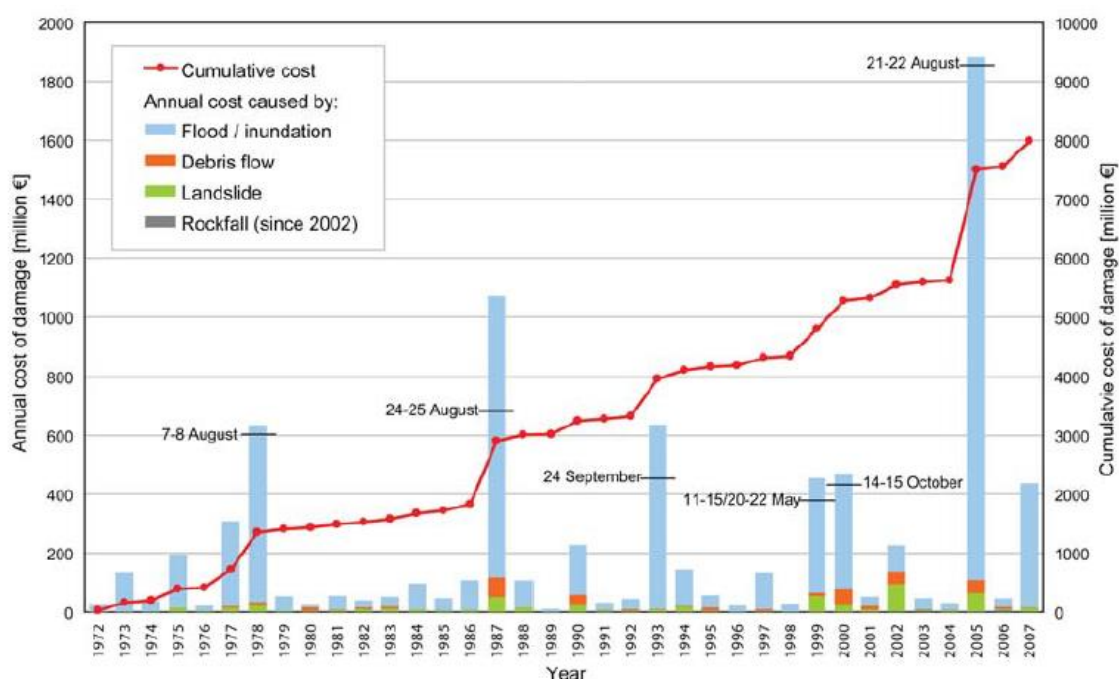


Figura 2.2: Cost anual i acumulatiu dels diferents esdeveniments, 1972 - 2007. La gràfica mostra els majors episodis d’inundacions i debris flows. **Font:** *Natural Hazards and Earth System Science*. Hilker, N.; Badoux, A.; Hegg, C., 2009.

Segons HILKER, N., et al. (2009), el 95% dels costos foren causats entre el maig i l’octubre, coincidint amb els successos més destructors de la figura 2.2, tot i que els debris i les inundacions es concentren en ple estiu (juliol i agost). Finalment esmentar que les llargues precipitacions provoquen els majors danys a l’agost, mentre que en aquest últim mes també s’hi concentren les tempestes; en els mesos de juny, juliol i desembre, el desglaç i les tamborinades són un factor molt important. Si es concretés més a l’àrea d’estudi (riu Aar), SCHULTE, L., et al., 2015, l’agradació amb múltiples conjunts de capes d’inundacions, amb un augment de la contribució de silcats provinents de les parts altes de la conca ha passat, majoritàriament, en períodes amb una baixa radiació solar i d’anomalies de $\delta^{18}O$, temperatures estiuenques fresques i fases del clima primaveral més sec als Alps. L’increment de l’emmagatzematge d’aigua a les glaceres i la coberta nivosa són més susceptibles de patir processos de fusió juntament amb fortes pluges i un

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d’Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l’anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

augment abrupte de la temperatura, que incrementarà els nivells d’escolament superficial en zones amb molt pendent; aquesta interpretació està acord que els esdeveniments catastròfics (es basa amb les fortes inundacions de l’Aar de del 1670) s’han produït en pulsacions de l’SNAO – Summer North Atlantic Oscillation – després d’anys o dècades amb un domini de l’SNAO negatiu i temperatures anuals fredes.

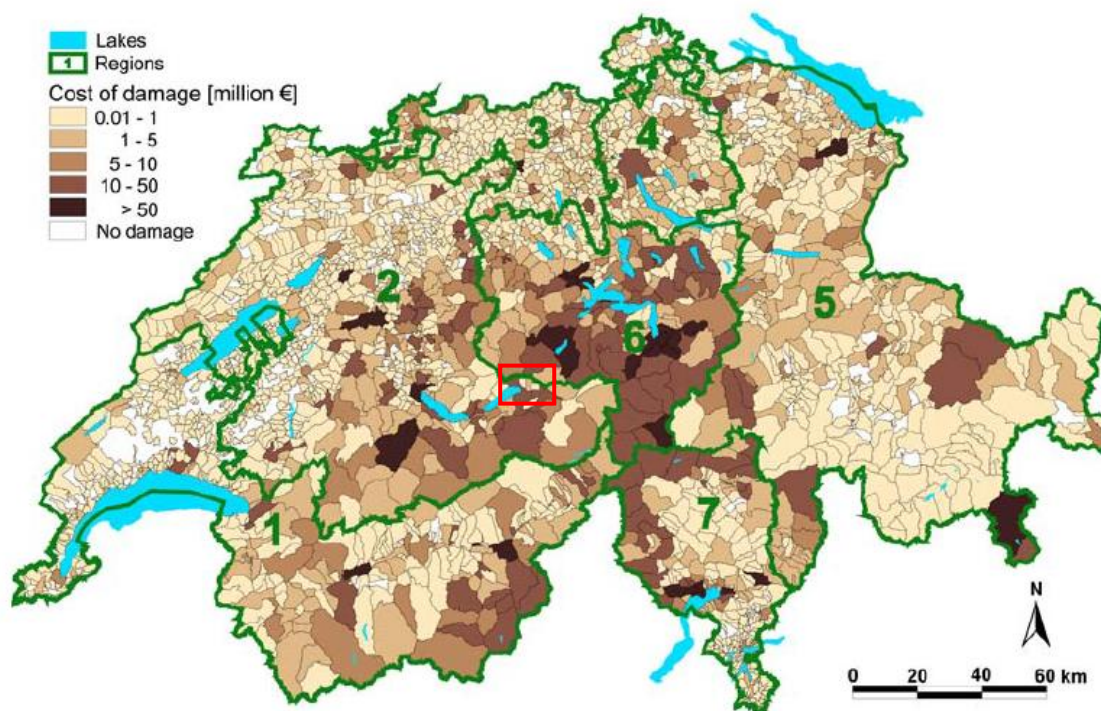


Figura 2.3: Mapa municipal de Suïssa amb la distribució del dany econòmic total, 1972 - 2007. Dels tres municipis assenyalats en vermell el més afectat és Brienz, a la seva dreta Schwanden bei Brienz, Hofstetten bei Brienz (cost entre 1 – 5 milions d’euros) i Brienzwiler. **Font:** *Natural Hazards and Earth System Science*. Hilker, N.; Badoux, A.; Hegg, C., 2009.

L’esdeveniment del 1978 afectà principalment el Cantó de Ticino (nº 7) i a la conca del riu Thur, al nord - est del país, desembocant al Rin a l’altura de Schaffhausen. El del 1987 es va estendre per més territori suís produint una forta erosió fluvial del riu Reuss o a Münster al Cantó de Valais (nº 1). El del 1993, produïts per llargues pluges, afectant principalment els Cantons de Ticino i Valais – Upper Valais –. Els successos del 1999 (els quals eren dos, un de l’11 al 15 i l’altre del 20 al 22 de maig), un dels més recordats, varen afectar especialment la Swiss Midlands (nº 2), sobretot la part que es troba de Berna cap a l’est de Suïssa. El 2000 fou un esdeveniment el qual 16 persones perderen la vida al Cantó de Valais, la majoria dels quals en un debris flows que va sepultar la població de Gondo. Les inundacions del 2005 han estat les més cares des de l’inici de la base de dades – 1870 milions d’euros –; el dany més gros es produí a les Midlands, al llarg dels rius d’Aar (curs fluvial on desemboca el torrent d’Eistlenbach) i Reuss, i els debris més costosos varen ser al Bernese Oberland (Glyssibach, Brienz).

DOMODIS, 2002 esmenta altres esdeveniments torrencials i debris flows anteriors als successos citats en el paràgraf anterior extrets de NATURAL HAZARDS AND EARTH SYSTEM SCIENCE, 2009. La diferència recau que els debris d’aquest document són els enregistrats en el riu Zavràgia, al Cantó de Grisons, tot i que les causes que els produïren també podrien haver afectat la zona de sobre dels

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d’Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l’anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

Alps Centrals suïssos. Aquests fets foren el 1748, 1834, 1868, 1883, 1888, 1915, 1927, a principis d’agost, causant greus danys al districte de Terriet (est del llac de Gènova) [DIARI THE BARRIER MINER, 1927 CITATA A NATIONAL LIBRARY OF AUSTRALIA]; el 1956 i 1987; aquest darrer succeí el juliol a causa de fortes tempestes creant fortes inundacions acompanyades de debris flows a Poschiavo, Minstiger, la vall de Geren o del riu Reuss [SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, N.D]. Una altra pàgina web, QUANTERRA, cita els desastres naturals més recents tinguts lloc al país; de tota la llista es poden afegir els del març i juny del 2001, amb fortes precipitacions al Cantó de Berna i Valais i els conseqüents debris flows; setembre i novembre del 2002 amb inundacions causades per fortes tempestes a l’est i sud - est de Suïssa; segons la mateixa font, durant el 2003 hi hagué contínuament riscos naturals que esdevenien realitat com els rockfalls, a més que a partir del juliol hi comencen a haver-hi allaus que ho devasten tot al seu pas i fortes tempestes durant els mesos més estiuencs; contràriament, NATIONAL PLATFORM FOR NATURAL HAZARDS indica des del maig fins a l’octubre del mateix any com els més notoris d’una ona de calor explicada per una gran freqüència d’àrees subtropicals d’alta pressió sobre Europa Central que va exercir una influència gairebé permanent en la meteorologia del continent. Es poden esmentar altres debris a partir de la informació extreta d’articles científics, com són els casos dels successos del 1898, 1926, 1989 i 1998 [WSL, 2007 CITAT A BOLLSCHWEILER I STOFFEL, 2010]; la mateixa font informa d’un possible esdeveniment el 1966 que no s’identifica a les sèries dels anells. S’ha de tenir en compte que molts d’aquests últims debris esmentats no van ser generalistes a tot el país, sinó que estaven basats en la conca de Birchbach. Finalment esmentar MONTERRUBIO, G. (2016) que anomena altres debris succeïts a l’àrea d’estudi, tot i que alguns són massa antics i les arbres mostrejats no ho poden confirmar; aquests són: 1624, 1797, 1804, 1886, 1921 i 1953.

En definitiva, es pot observar tal com s’ha descrit a les línies prèvies que Europa no està manca de bases de dades on s’emmagatzema la informació dels desastres naturals succeïts – durant les dècades més recents – en el territori. Tot i això, per a la recerca d’informació per aquest treball ha estat impossible accedir a la *database* d’StorMe, buscant els debris i inundacions més característiques a partir d’altres fonts.

2.2 Estat del coneixement

La dendrocronologia no és un món desconegut, sinó tot el contrari, ja que a l’hora de buscar articles sobre el tema, es pot observar com és una temàtica amb molt recorregut encara per aprendre, per aquest motiu contínuament sorgeixen investigacions de les diferents branques que abraça la ciència (*dendro...* - geomorfologia, - climatologia, - arqueologia, - hidrologia, entre d’altres). Aquesta disciplina es troba en el marc de moltes investigacions sobre climes passats, per exemple, que porten a terme grups de recerca en universitats de diversos llocs del món, ja que aquesta no té fronteres a l’hora d’estudiar; simplement hi ha d’haver arbres per poder ser datats.

Seguidament s’exposaran articles d’autors que utilitzen la dendrocronologia per obtenir els resultats, però primerament es farà un repàs a l’estudi de SCHULTE et al. (2015) que, tot i fer servir una altra metodologia, l’àrea d’estudi era la mateixa que en el present treball. Les sèries temporals paleohidrològiques normalment són produïdes a partir dels sediments lacustres, però s’ha vist com amb els sediments fluvials també es poden produir i tenen una forta correlació amb la documentació històrica o altres registres. Per poder comparar la dinàmica de la petita conca d’Eistlenbach amb la de l’Aar i el Lutschine [SCHULTE et al., 2008, 2014, 2009] s’extragueren

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d’Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l’anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

tres cores sedimentològics d’aquest con i del de la conca contigua, Farnigraben, reconstruint una sèrie de 3200 anys, amb tècniques com es la fluorescència de rajos X o Loss On Ignition i granulometria dels sediments, sempre, com ja s’ha esmentat en algun cas, comparant-ho amb informació externa, sobretot en els fets més actuals. Els resultats que s’obtingueren no només eren similars amb les dades locals, sinó també coincidien amb les paleo - inundacions regionals i els registres paleo - climàtics (el patró hidro - sedimentològic concorda força amb la variabilitat dels proxies de desbordament de la gran conca de l’Aar, tot i les diferències físiques de la localització). Finalment, l’anàlisi espectral de les diferents sèries temporals geoquímiques de conques amb diferents mides evidencia periodicitats similars (les majors inundacions es presenten en temporades d’SNAO positives) durant l’últim mil·lenni. Per concloure l’abstract, suggereixen que el registre geoquímic extret proporciona una acurada informació paleo - climatològica, per al menys, amb una resolució de temps decennal. I és per concretar i reafirmar encara més aquesta informació que es vol obtenir més registres d’altres proxies i així poder datar els lòbuls sedimentològics i, en conseqüència, la dinàmica fluvial.

Els articles científics realitzats per Ballesteros es basen més en l’espècie arbòria i les tècniques dendrocronològiques; contràriament, d’altres portats a terme per Bollschweiler i Stoffel han investigat el comportament, la dinàmica, l’activitat, la variabilitat o la resposta d’una espècie en un con o ventall al·luvial, o alguna altra forma geomorfològica produïda pel transport i sedimentació d’un curs fluvial – moltes vegades de caràcter catastròfic com pot ser una allau, avinguda torrencial o debris flow, per concretar més en el treball realitzat –, en localitzacions com el torrent de Geisstriftbach i Grosse Grabe (Valais) [STOFFEL, M. I BOLLSCHEWEILER, M., 2010; BOLLSCHEWEILER, M., STOFFEL, M. I SCHNEUWLY, D., 2007, RESPECTIVAMENT], i el torrent de Bärenrûfe a la província de Vorarlberg [PROCTER, E. et al., 2012]. Es podria dir que l’enfocament dels estudis de Stoffel i Bollschweiler és més dendrogeomorfològic, ja que a partir de la datació d’arbres es pot conèixer els successos del passat que han modelat el terreny d’aquella àrea, a més de poder aplicar la metodologia usada a la zona d’estudi tant per la seva similitud com per la cerca d’uns mateixos resultats – que, evidentment, tindran les seves diferències –.

Com s’ha dit, una caracterització morfològica d’un con – els quals són molt comuns en els paisatges muntanyosos – és important tant per entendre la dinàmica dels processos d’un lloc, com per la reconstrucció d’esdeveniments de moviments de masses, a més de la implicació, present i futura, sobre la gestió dels riscos naturals [PROCTER, E. et al., 2012]. BARONI et al., 2007, citat a la mateixa font, comenta que l’estructura vegetativa del con pot ser usada com un indicador del procés històric, tot i que la dendrogeomorfologia està limitada a la població arbòria de la zona i a les espècies supervivents a esdeveniments com debris flows, que moltes vegades és minsa per la devastació causada. Són diversos els documents finals relacionats amb investigacions dendrocronològiques en zones d’avingudes torrencials o de debris flows, ja que potser són de les àrees on els arbres han patit més estrès i dels quals es pot obtenir una informació més clara del succeït en el passat. Un article que podria exemplificar-ho molt bé seria el de KOGELNIG - MAYER, STOFFEL I BOLLSCHEWEILER, 2013 aplicat a la resposta en el creixement de *Larix decidua* – canal de Feergraben, al sud dels Alps suïssos – als efectes d’un enterrament de la part inferior del tronc provocat per l’avanç d’un debris flow. En el laboratori s’analitzen els trastorns dels anells, sent els més comuns per enterrament la fusta de compressió, ferides i teixit callós, per així poder comprovar la coherència entre els fets documentats i la marca que han deixat en els arbres, a més de conèixer quina és l’evolució del creixement del làrix europeu abans i després

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d’Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l’anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

del succés. Els mateixos autors citen a STRUNK, 1991 el qual escrigué que les *Picea abies* (arbre més àmpliament estudiat en aquest treball) madures i velles estan més preparades per sobreviure a diversos enterraments de fins a 1’7 metres en ambients sedimentaris dolomítics i capaces de formar diferents nivells d’arrels per mantenir l’arbre erecte.

BOLLSCHWEILER I STOFFEL (2010) analitzen el torrent de Birchbach – vessant oest de la vall de Zermatt, al sud de Suïssa, majoritàriament cobert per *Larix decidua* i *Picea abies* (com en el cas anterior), els dipòsits dels debris flows passats que encara són visibles avui en dia i poden donar una idea de l’activitat geomorfològica del pretèrit. Es varen escollir arbres que clarament estaven influenciats per aquests esdeveniments pròxims als dipòsits. Es podria dictar que aquest article, anomenat *VARIATIONS IN DEBRIS - FLOW OCCURENCE IN AN ALPINE CATCHMENT – A RECONSTRUCTION BASED ON TREE RINGS*, és el model a seguir alhora de realitzar la investigació portada a terme per FluvAlps, ja que s’hi troben un seguit de semblances: torrent de superfície petita situat pràcticament al sud d’Eistlenbach (al fons de vall del Cervino, Zermatt), el qual ha estat influenciat per diverses tempestes que provoquen debris i floods que arrasen al seu pas i modifiquen el canal, i tenir la capçalera sota la influència dels cicles de glaç i desglac. D’aquest text s’extrauran les bases per la realització del punt de la datació de dipòsits fluvials i flux d’esllavissades. Un estudi semblant portat a cap per STOFFEL, BOLLSCHWEILER, WIDMER, S. I SORG, A., 2010 a Geisstriftbach pretén contribuir a entendre els processos de debris flow en cons, a més de proveir exemples sobre com les tècniques dendrogeomorfològiques poden ajudar a la reconstrucció i comprensió dels debris en àrees alpines. En aquest cas també es vol reconstruir els patrons espacials i els canvis temporals dels debris en el con del torrent a partir de la datació, entre altres espècies, de l’avet roig.

Altres articles com el de PROCTER, E. et al., 2012 o el de BOLLSCHWEILER, M., et al., 2007, els quals també utilitzen la metodologia de la dendrocronologia per l’estudi geomorfològic dels cons torrencials. A més, en els dos casos, donen molta importància a un suport cartogràfic, que en el primer cas serien les ortofotografies i en el segon la realització d’un mapa morfològic a escala 1:1000. Segurament, l’estudi del 2012 té com a base principal les fotografies aèries, i és a partir de la datació dels arbres quan es concreta i s’amplia la informació que només proporciona la fotografia (és un moment puntual al llarg del temps, i amb els cores es pot, si més no, intuir el que ha succeït per constituir el que es veu). Contràriament, en la investigació del 2007, la base principal sembla ser la datació dels dipòsits i lòbuls a partir de la dendrocronologia, i que a través d’aquest fet es cartografiés la zona; és a dir, es recull tota la informació extreta i es converteix en forma de mapa.

En definitiva, com es pot observar en el recopilatori anterior, de cada estudi s’extreuen uns resultats diferents pel simple fet d’estar analitzant varietat de conques arreu del territori suís – tot i que majoritàriament es troben a la meitat sud del país –. L’estudi de conques de dimensions petites és un bon presagi, perquè no només es coneix la geomorfologia de la zona, sinó el comportament del torrent i quins poden ser els resultats esperats després d’algun fet com una avinguda, allau o debris flow, i així poder intervenir-hi, ja sigui de forma estructural com a partir de tecnologia de control del flux, per minimitzar els riscos que posen en perill alguna població que es troba en l’àrea de danys.

2.3 Definició del problema i justificació

Els esdeveniments estudiats en aquest treball són molt recurrents a les grans àrees muntanyoses d’Europa i, en conseqüència, a Suïssa, que està totalment inserida a la cadena

alpina. Els Alps tenen una gran ocupació humana, que majoritàriament es localitza a les valls de la carena, zona de dipòsits fluvials i de desprendiments. Gran part dels municipis es troben sota un elevat risc d’algun tipus d’esdeveniment natural, principalment d’avingudes torrencials – flash floods – provocades per tempestes convectives o estacions altament plujoses que provoquen grans quantitats de precipitació, les quals moltes vegades són en intervals temporals curts, ràpids desglaços de les glaceres que alimenten molts rius, rierols i altres fluxos d’aigua, caparrades dels llacs glacials o trencaments de preses, que produeixen landslides, rockfalls o debris flows [FEDERAL OFFICE FOR THE ENVIRONMENT, 2006]. Els esdeveniments esmentats han succeït al país al llarg de la història, alguns dels quals han estat relativament forts, arrasant pobles i emportant-se vides humanes per davant. Enfront aquests successos relativament continus que aborden el país, les autoritats es posaren a l’acció per intentar plantar-hi cara d’alguna forma; sent conscients que el risc d’una inundació llampec no es pot suprimir, almenys actuar d’alguna forma que faci guanyar temps per prevenir desgràcies, com podria ser a partir de tecnologia que recol·lecti les dades hídriques de certes conques i així poder detectar alguna anomalia en el flux d’aigua; a més, una altra forma de prevenció complementària és la construcció de preses o algun tipus d’element físic de retenció o regulació del curs fluvial. No obstant, una gran part de les petites conques del país no tenen cap registre instrumental, cosa que porta a realitzar estudis de la zona en concret a partir de l’anàlisi de registres històrics i naturals, extreta de fonts molt diverses. Però sembla que aquestes mesures preventives soles no garanteixen, completament, la protecció del molts municipis que es troben a la desembocadura, molt a prop o fins i tot a dintre de la conca, augmentant enormement la probabilitat que el risc acabi esdevenint en un desastre; tal com apareix en el text de JORGE OLCINA (2011) titulat *UN MUNDO DE RIESGO* [http://www.fgcsic.es/lychnos/es_ES/articulos/un_mundo_de_riesgo]: <[...] No hay espacio geográfico en la superficie terrestre que esté libre del posible efecto de un episodio catastrófico. Las sociedades contemporáneas son, como nos señala Ulrich Beck, sociedades de riesgo y ello es porque habitan territorios de riesgo y llevan a cabo comportamientos y actitudes “arriesgadas” en sus relaciones con el medio.>. En el present ja s’estan posant en marxa altres mètodes de gestió ambiental per a la prevenció i la correcció d’aquests riscos que, segons la FEDERAL OFFICE FOR THE ENVIRONMENT, 2006, haurien de tenir en compte els següents principis:

- El dany potencial ha incrementat considerablement en diverses àrees a causa de l’intens ús de la terra, augmentant el valor econòmic de zones en perill de destrucció.
- En els rius canalitzats els temps de concentració del vessament superficial queda afectat, provocant, a vegades, pics molt més alts durant les inundacions.
- Manca d’espai i àrees de retenció d’inundacions per successos a gran escala.
- Un pobre manteniment d’estructures i neteja dels llits dels rius.
- Canvis en el vessament superficial com a resultat del canvi climàtic i les pulsacions climàtiques.

Aquesta nova política que esdevindrà en el futur més pròxim es basarà en la planificació territorial dels diferents usos del sòl (per cultiu, industrial, d’habitatge, no urbanitzable...), manteniment dels sistemes i mesures estructurals. Tot i això, és molt complicat mesurar els fluxos d’inundació en ambients d’alta muntanya a causa de l’elevada velocitat i les turbulències amb la qual descendeix l’aigua, a més de tot el material transportat i l’heterogènia llera del riu. A aquests fets s’hi suma, com en el cas d’aquest estudi, quan les conques són petites i amb un fort pendent, ja que les avingudes tenen una curta durada (d’uns quants minuts a poques hores)

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d'Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l'anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

i transporten una gran quantitat de sediments sòlids que recullen de les parts més elevades de la conca, sent d'una granulometria menor a mesura que s'apropa a la desembocadura. Tot aquest pretext encaixaria a la perfecció amb la conca d'Eistlenbach i la resta de torrents que envolten el llac de Brienz i que posen en risc moltes poblacions, com la mateixa Hofstetten bei Brienz (la qual Eistlenbach hi pertany), Schwanden bei Brienz, Brienz, Oberried am Brienzersee, Niederried bei Interlaken, Ringgenberg, Saxeten, Wilderwil, Gsteigwiler o Bönigen, entre d'altres.

Tal com esmenta la FEDERAL OFFICE FOR THE ENVIRONMENT, 2006 la informació històrica d'inundacions – o dels rastres que han deixat a la superfície – poden ser d'ajuda, tot i que és molt difícil interpretar-les pels canvis produïts en el sistema hídic i per la poca descripció dels esdeveniments. En aquesta investigació s'integra la informació històrica de diverses tempestes i inundacions que han estat datades i descrites (no són suficientment antigues, quan ja hi havia un cert interès per aquest tipus de riscos) amb la investigació prèvia realitzada per FulvAlps de la datació sedimentològica dels lòbuls dels debris flows que varen quedar dipositats en el bosc – o formaren el bosc, depenent de si són previs o no als arbres que hi han crescut a sobre –, exposada a MONTEERRUBIO, G. et al., 2016 –. Un altra anàlisi geomorfològic que es pot fer del relleu de la part més baixa de la conca és a partir de la dendrocronologia amb la qual, datant arbres que estan situats en punts estratègics del relleu de la conca, s'intenta obtenir una major precisió – sempre fent de suport a les dades que ens proporcionen els arxius històrics, ja que el bosc està molt influenciat per la silvicultura – de quant temps fa dels dipòsits fluvials i els flash floods que els provocaren. Amb aquestes dades que s'obtidrien es podria arribar a conèixer el període de retorn dels esdeveniments extrems de la conca analitzada, a més de saber quines són les zones que no hauria de poder urbanitzar-hi o l'autoritat hauria de tenir-ne més cura. Es tracta d'investigar quines són les àrees més perilloses i que poden quedar més afectades, ja sigui a la part inferior del torrent (més susceptible de ser utilitzat per l'home) o al tram mitjà (a partir de barreres de contenció per impedir l'avançament dels debris), i així minimitzar el dany tant com estigui a les mans del poder.

Molts estudis s'han realitzat en sistemes fluvials a les planes i a mitja muntanya, però pocs es centren en els sistemes fluvials alpins, que són els que realment tenen una relació directa amb les glaceres i la seva dinàmica (sobretot si són conques de poca extensió). Els Alps, situats entre les latituds mitjanes humides amb influència atlàntica i la zona subtropical mediterrània són molts sensibles als esdeveniments de precipitacions extremes i inundacions catastròfiques [PFISTER, 1999 citat a SCHULTE, L. et al., 2004], a més dels canvis en la circulació atmosfèrica que hi hagué durant l'Holocè. Els processos periglacials que pateixen les parts altes d'aquestes conques hidrogràfiques provoquen una gran inestabilitat de les vessants, sumat a la fusió de neu i gel, obturació de valls per lliscaments i fortes pluges en sòl glaçat [SCHULTE, L. et al., 2004]; tots aquests factors són una suma que incrementen enormement els riscos naturals. Ha estat en els últims anys, més concretament a partir de la inundació del Lütschine el 2005, quan s'ha posat l'èmfasi en l'estudi d'aquestes variables fins i tot en conques locals, ja que, segons KÄÄB et al., 1999 citat a SCHULTE, L. et al., 2008, l'augment de la magnitud, la freqüència i les forces de les inundacions en regions d'alta muntanya esdevenen dintre el context del canvi global [SCHULTE, L. et al., 2008]. Els ventalls i deltes al·luvials en aquestes àrees alpines constitueixen les zones amb major sedimentació – gràcies al seu pendent –, que és intermitent en l'espai i el temps i que poden ser remoguts o enretirats per altres dipòsits posteriors. Tot i aquesta discontinuïtat en els registres,

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d’Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l’anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

aporten dades sobre el canvi en el medi ambient (règim hídric, usos del sòl, fonts dels materials, etc.) [SCHROTT et al., 2003 citat a SCHULTE, L. et al., 2009]. Per acabar, tal com s’esmenta a SCHULTE, L. et al. (2015), els Alps Bernesos són un punt molt interessant per aquesta tipologia d’investigacions, primerament, perquè la societat demanda més informació sobre els riscos hidrològics en àrees densament poblades i considerades històricament com a “punts calents”; en segon lloc es pretenia calibrar els *geoarxius* amb fonts històriques i dades instrumentals.

2.4 Hipòtesis i objectius

Aquest treball es realitza com a part dels estudis previs de caràcter geomorfològic, sedimentològic i històric del barranc alpí d’Eistlenbach [SCHULTE et al., 2016], la intenció de la qual és caracteritzar, temporal i espacialment, les paleoinundacions i els debris flows soferts al llarg del temps.

La hipòtesi de la qual es parteix és que a partir de la datació de les edats dels arbres i observant el creixement sofert es podrà conèixer l’edat mínima dels materials transportats i sedimentats per debris flows passats en el ventall al·luvial de la desembocadura de la conca i si han estat – o com han estat – influenciats per la dinàmica hidrològica i sedimentària del con, o, per altra banda, si han estat afectats per alguna activitat portada a terme per l’home. En els apartats posteriors s’explicarà millor, però els arbres escollits no mostraven cap impacte extern, cosa que significaria que no han sofert un debris, sinó que han crescut després dels fets.

L’objectiu principal d’aquest treball és posar en relació la datació dendrocronològica dels dipòsits amb la dinàmica fluvial del ventall. Altres objectius més específics que es volen intentar obtenir són:

- a. Determinar les edats de les mostres arbòries del ventall al·luvial extretes prèviament en el treball de camp.
- b. Atribuir una edat aproximada als dipòsits al·luvials i de despreniments.
- c. Determinar els períodes de major activitat de fluxos de despreniments i inundacions.
- d. Concretar sota quines condicions climàtiques – pulsacions – es varen produir les inundacions.

Es tracta de millorar la cartografia aportant dades dendrocronològiques a l’anàlisi morfoestratigràfic dels dipòsits del con al·luvial d’Eistlenbach, que es va completant progressivament a partir de les diferents investigacions dutes a terme sobre la dinàmica fluvial i la datació dendrocronològica de les formes de modelatge micro i meso. L’inici és la determinació de l’edat dels arbres que poden estar en funció de l’edat del substrat, ja que està format per l’acumulació dels sediments dipositats en les diferents avingudes en diversos períodes temporals. La seva edat també pot estar influenciada per altres factors externs portats a terme per l’home com és la tala d’arbres, que fou majoritària a la zona durant el segle XIX i que pot haver quedat representada a l’estructura interna de l’espècie arbòria.

En definitiva, l’estudi dendrocronològic dels diferents arbres estudiats és un mètode per poder datar i conèixer millor les diferents formes de relleu – lòbuls – dels distints dipòsits de despreniments; és el fil conductor de tot el treball però els resultats obtinguts no són l’objectiu final, sinó que serviran per complementar i concretar la investigació portada a terme pel grup de recerca de FLUVALPS [SCHULTE, L. et al. 2004, 2008, 2009, 2015 i 2016].

2.5 Agraïments

Primerament voldria donar les gràcies al professor Lothar Schulte, que fou la persona que va confiar en mi i em va donar aquesta gran oportunitat, una experiència que mai pensava que pogués viure. La seva insistència i ganes de superació també me les ha transmès a mi per poder avançar en aquest treball, tot i els diferents entrebancs que hi ha hagut pel camí. També recordar que em va proposar d’acompanyar a uns quants membres de l’equip a Suïssa i així poder conèixer el meu objecte d’estudi: la conca d’Eistlenbach; no només va ser això, sinó el simple fet de poder haver visitat un altre país, molt diferent a l’ambient mediterrani al qual estem acostumats, a veure nova gent, paisatges i respirar un aire diferent encara que hagi estat per pocs dies, ja que, tal com diu la dita, *el saber no ocupa lloc*.

També anomenar al doctor Filipe Carvalho, un gran professor del qual he pogut gaudir al llarg de la meua carrera i que també pogué compartir amb ell l’estada als Alps. Encara més que bon professor és millor persona, amb la qual, tot i les distàncies, hi pots comptar per tot, ja que sempre estarà disposat a ajudar els seus alumnes, com pugui ser jo, que cada dos per tres em trobava amb alguna dificultat i havia de recórrer a professors per un cop de mà. Tampoc descuidar-me d’anomenar en Carlos Sánchez i en Marcos Francos, dos dels quals també s’han parat a escoltar i aconsellar-me sobre els meus dubtes existencials que no han estat pocs, a més d’oferir-me la seva ajuda en qualsevol moment.

L’Elena Muntan. Per mi la gran dendrocronòloga que m’ha ensenyat, des de zero, tot el necessari per poder portar a terme aquest treball que, independentment de la qualificació que obtingui al final, haurà estat tot un repte però al mateix temps tot un gust tenir-lo a les meves mans. Quan d’algun procediment per la datació dels cores no me’n sortia ella sempre estava predisposada a baixar a Barcelona per ajudar-me o a respondre qualsevol correu el més aviat possible. Gran part d’aquest treball es deu, ben bé, a la seva ajuda i experiència, ja que sinó hagués estat totalment impossible tirar-lo endavant. Juntament amb ella vaig tenir la satisfacció de conèixer l’Antonio Gómez que també ens acompanyà als Alps. Amb els dos pogué aprendre el necessari (amb el temps que vam tenir) per tenir una àmplia visió del bosc, saber analitzar les formes geomorfològiques que el formen i entendre quins arbres poden donar la informació requerida, a més del principal: extreure mostres.

Cal comptar amb els companys que m’han acompanyat durant aquests quatre anys, dia rere dia, setmana rere setmana, passant els millors i els pitjors moments junts de la Universitat. Caty, Luis, Manel i Marga, amb alguns dels quals ens separarem i tot canviarà, amb d’altres ens veurem molt menys tot i estar per Barcelona. Tot i aquest canvi que es produirà a les nostres vides sé que puc continuar comptant amb vosaltres, que us puc parlar de tot el que em passa i que estareu allà per sentir-ho (o llegir-ho) i que em respondreu amb bones paraules, desitjant bons auguris tal i com us els desitjo a tots vosaltres.

Canviant d’àmbit, comptar amb els amics del poble, que tot i no tenir res a veure ni amb la geografia ni amb el treball de final de grau, han fet pinya per tranquil·litzar-me o per posar-me pressió per continuar endavant, animar-me en els moments més baixos i tenir sempre les dues orelles a punt a qualsevol hora del dia perquè els hi pugui fer el discurs sobre la meua vida i, per acabar, treure’m un somriure cada vegada que els veig.

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d’Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l’anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

I per últim, però que al mateix temps són els primers de la llista, els meus pares, la Teresa i en Miquel. No només ha estat per aquesta investigació, sinó que són innumerables situacions al llarg de vint - i - dos que han estat al meu costat, recordant-me el que he de fer i el que no hauria de fer, aixecant-se a hores impensables per donar-me suport (quantes nits m’han convençut perquè me’n vagi a dormir << *que quan et llevis tot ho veuràs d’una altra forma* >>) i brindant-me savis consells que la vida els hi ha oferta ells.

Moltes gràcies a tots i cadascun d’ells!

3. Àrea d’estudi

3.1 Els Alps. Marc fisiogeogràfic

Els Alps és la cadena muntanyosa més extensa i elevada d’Europa, situada al sud de la part més central del continent, immediatament sobre la Mar Mediterrània; s’estén uns 1200 Km de llargada i 250 Km d’amplada, ocupant una superfície de 200000 Km² aproximadament. Per la seva gran altitud, gran part dels Alps tenen una coberta nivosa permanent (línia de neu entre 2440 i 3050 metres, segons THE COLUMBIA ENCYCLOPEDIA), formant algunes de les glaceres més importants del continent que, al mateix temps, són la capçalera i l’origen de grans rius com el Danubi, el Po, el Roine o el Rin, desembocant, respectivament, al Mar Negre, al Mediterrani o al Mar del Nord.



Figura 3.1: Situació de la carena alpina. **Font:** WorldAtlas
(<http://www.worldatlas.com/aatlas/infopage/alps.htm>)

El sistema alpí va sorgir de l’orogènia alpina que es produí durant el Miocè i Oligocè (Terciari, Cenozoic) per la pressió exercida per la Placa Africana sobre l’Eurasiàtica (en l’era del Mesozoic, el que corresponia al Mar de Tetis i el Paratetis durant l’Oligocè). Aquesta força va provocar l’aixecament del mar de plecs reclinats (*nappes*) que sovint es trencaven i formaven falles.

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d'Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l'anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

Segons la NAGRA – NATIONAL COOPERATIVE FOR THE DISPOSAL OF RADIOACTIVE WASTE – Suïssa pot ser dividida en quatre unitats de nord a sud:

- **Jura plegat i tabular:** Aquest relleu es comprèn dintre el Massís del Jura suís, que forma el marge occidental i nord del país. El seu origen fou entre 10 i 15 milions d'anys enrere per la pressió de les tectòniques que plegà les roques de la zona, les quals principalment són calcàries, margues i argila, anhidrita i guix.
- **Molasse – Altiplà:** S'estén des del Llac de Constance fins al de Ginebra, on durant els últims 30 milions d'anys s'hi ha anat acumulant grans quantitats de material erosionat a les valls del nord alpí. Segons on es dipositen els sediments, la conca pot ser marina o d'aigua dolça, ja que poden anar a parar al mar o en llacs o valls fluvials; tot i això, el subsòl es compon majoritàriament de gres, llims, margues i conglomerats. Per últim, aquests dipòsits són coberts per roques transportades per les glaceres durant les edats de gel.
- **Zona helvètica – Alps del Nord:** És el marge que ressegueix la regió que va des del Llac Thun fins a la vall del Rin, que consisteix en sediments rics en calcàries i margues que es varen dipositar en un mar que ocupada la zona alpina fa entre 65 i 250 milions d'anys. Durant la fase tardana de l'orogènia alpina aquests sediments foren retirats del subsòl cristal·lí per l'avançament de la placa africana i empesos fins a 50 Km al nord - oest (avui en dia formen *nappes*).
- **Alps centrals i meridionals cristal·lins:** Formen la base visible de la meitat sud de Suïssa (on es localitzen els punts més elevats) per la forta deformació que sofreixen les roques del cinturó alpí per la pressió que ha exercit – i exerceix – durant els últims 130 milions d'anys la placa Africana sobre l'Eurasiàtica; els Alps segueixen alçant-se pel plegament de les seves capes a una velocitat de 2 mil·límetres l'any, encara que al mateix temps pateix una erosió que l'equilibra.

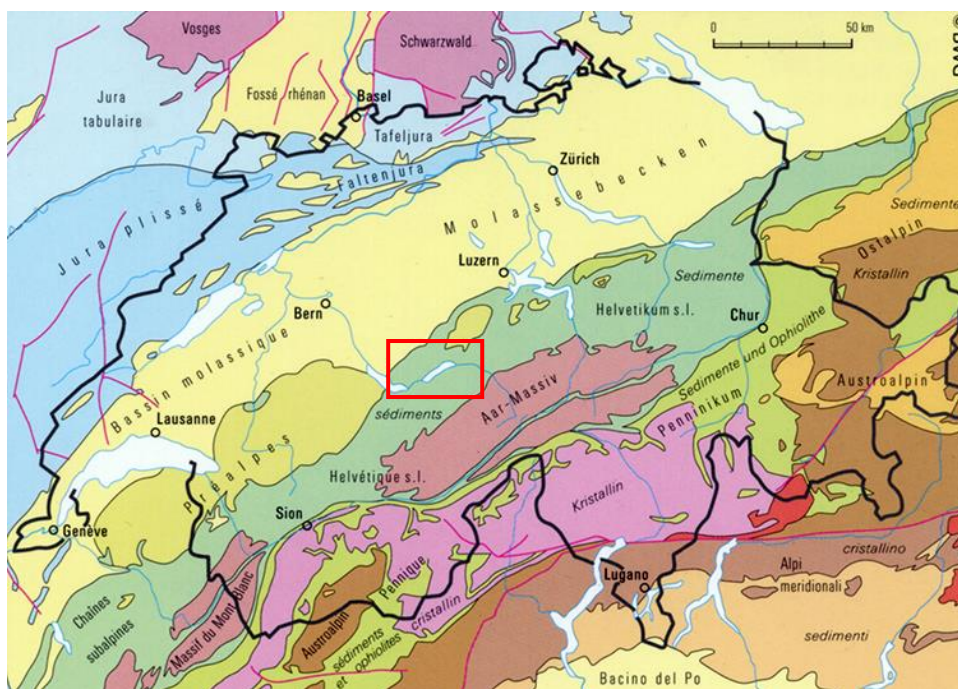


Figura 3.2: Formació geològica del relleu dels Alps suïssos. **Font:** NAGRA
(<http://www.nagra.ch/en/geologyofswitzerland.htm>)

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d'Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l'anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

Si es concreta més en el cas suís, està fortament influenciat per l'Oceà Atlàntic, ja que aquest aporta un flux d'aire humit i temperat, la qual té un efecte refrescant durant l'estiu i d'escalfament durant l'hivern; en termes de precipitació, gran part del territori gaudeix d'unes precipitacions contínues i força abundants [METEOSWISS, 2014]. Tot i això, la cadena alpina és una gran barrera que divideix suïssa en dues grans regions climàtiques:

- La part nord, on la freqüència de neu i precipitacions és molt elevada.
- La part sud, influenciada pel clima mediterrani, cosa que comporta una disminució de les precipitacions; tot i això, existeixen àrees molt més seques com poden ser algunes valls internes dels Alps, les quals queden resguardades de les pluges tant del nord com del sud pel prominent relleu que les envolta.

Un altre element característic dels Alps és el vent Föhn, que crea unes condicions relativament seques a sotavent i normalment es produeixen durant les èpoques de primavera i tardor. Aquest vent afecta fortament a la zona d'Interlaken i del riu Aar.

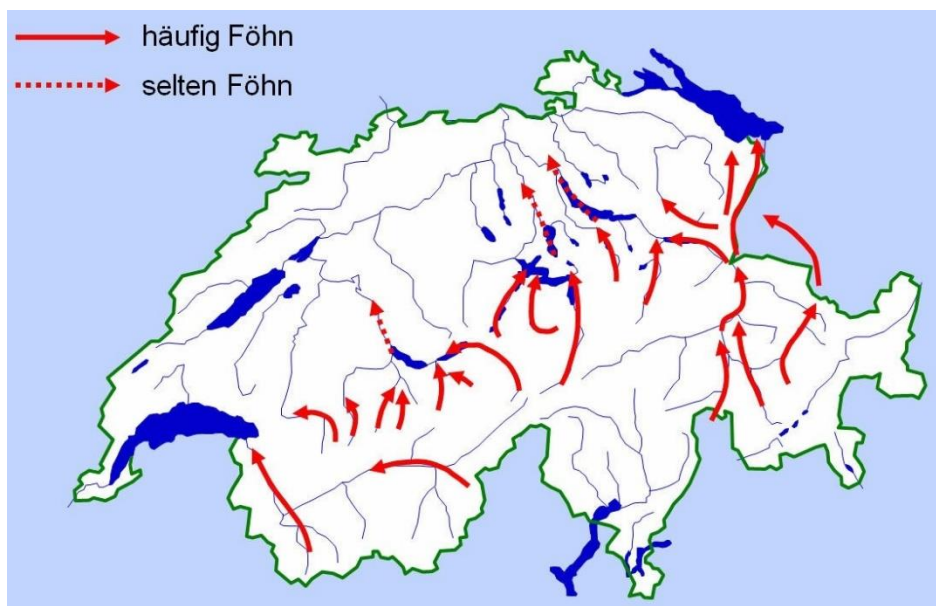
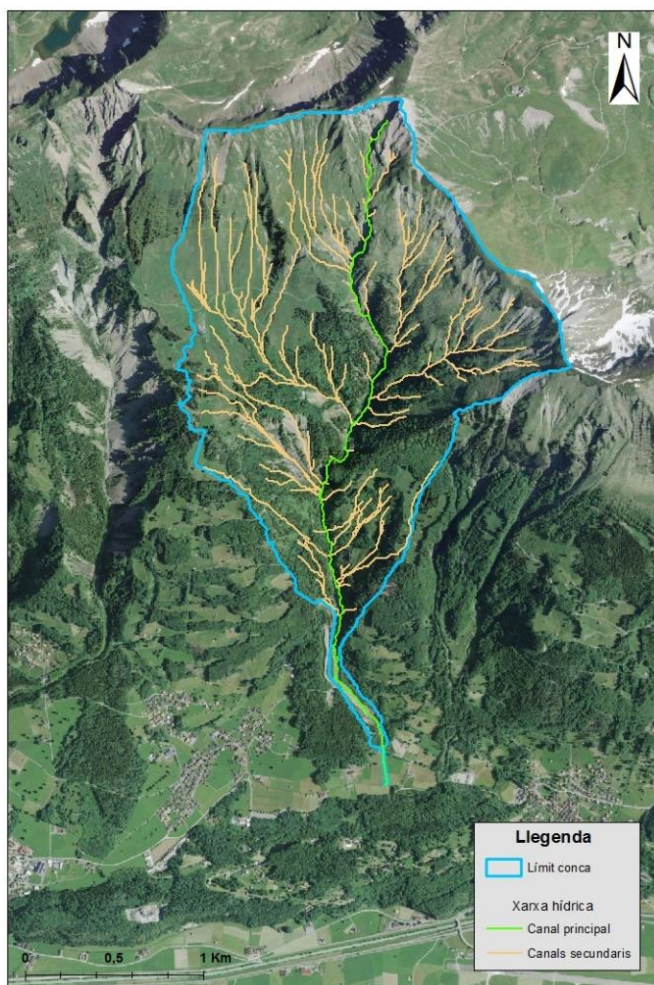


Figura 3.3: Afectació dels vents Föhen a Suïssa. La línia contínua marca que sovint hi ha present aquest tipus de vent, i la discontinua que poques vegades apareix. **Font:** MeteoSwiss (<http://www.meteoswiss.admin.ch/home/climate/past/climate-of-switzerland/reports-throughout-the-year/foehn.html>)

Les parts centrals de la carena són més humides que els Pre - Alps, els quals tenen la particularitat de tenir unes valls longitudinals encaixades entre grans elevacions, la qual cosa provoca que, tot i rebre directament la influència dels vents plujosos, tinguin una precipitació inferior als 600 mil·lilitres per any com a conseqüència de la barrera que forma les grans altituds.

3.2 La conca fluvial d'Eistlenbach



L'àrea d'estudi es localitza a la Vall de Hasli, pel fons de la qual hi circula el riu Aar; està troba als Alps bernesos, en el sud del Cantó de Berna, a una àrea anomenada Berner Oberland. Més concretament, la desembocadura del torrent d'Eistlenbach passa entremig dels municipis de Brienzwiler i Hofstetten bei Brienz, a la part superior del llac de Brienz, desembocant en l'esmentat riu. La superfície de la conca és de 3'94 Km² i amb un pendent mitjà de 31º [MONTERRUBIO, G., 2016].

Figura 3.4: Superfície de la conca d'Eistlenbach amb la distribució hídrica. **Font:** Elaboració pròpia (mapa base extret de SWISSTOPO)

3.2.1 Geomorfologia i geologia

Les àrees més elevades de les conques de Lütschine i Aar (vall Halsi) estan formades per unitats cristal·lines, els processos erosius de les quals són la dinàmica glacial, periglacial i de vessants [SCHULTE et al., 2008, 2009A], i a les parts més baixes hi predominen els substrats sedimentaris (fons de vall, desembocadura de diferents cursos fluvials), erosionats per processos fluvio - gravitatoris. El glacial de l'Aar ha erosionat les capes geològiques al llarg d'una estructura anticlinal a la zona dels llacs de Brienz i Thun, mentre que a la vall de Hasli ho ha fet perpendicularment a aquesta estructura [VALLE, 1994]. El retrocés d'aquestes glaceres fa entre 16000 i 17000 anys va constituir el llac Wendel, que posteriorment esdevingué els llacs de Thun i Brienz per l'acumulació de sediments transportats pels rius de Lütschine i Lombach.

Concretant en Eistlenbach, el punt més elevat és el Höch Gumme, amb 2204, constituït per roques cretàcies carbonatades com calcàries silícies riques en quars. La zona mitja està caracteritzada per morrenes laterals de l'antiga glacera de l'Aar amb materials provinents de la part alta de la conca. Finalment, les parts més baixes – 642 metres – estan formades per roques sedimentàries del Juràssic que creen els ventalls i l'acumulació fluvials, com són les graves, arena, llims i argila [MONTERRUBIO, 2016].

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d’Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l’anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

3.2.2 Climatologia

Els Alps són una barrera climàtica entre dos grans climes prominents a Europa: el mediterrani, que es localitza a la part inferior de la carena, i l’atlàntic que influencia la part superior, regió on se situa Eistlenbach.

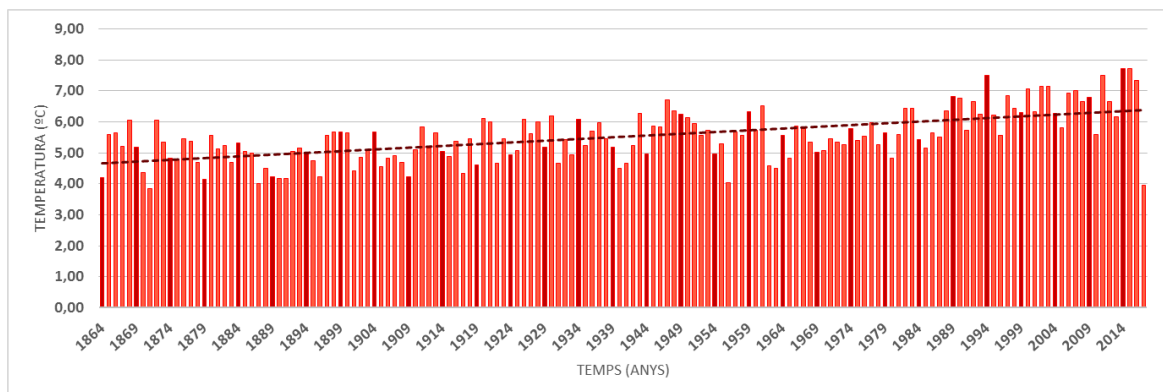


Figura 3.5: Sèrie de temperatura històrica (1864 - 2017) per l’estació d’Engelberg. **Font:** MeteoSchweiz

(<http://www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/vergangenheit/homogene-monatsdaten.html?station=eng>)

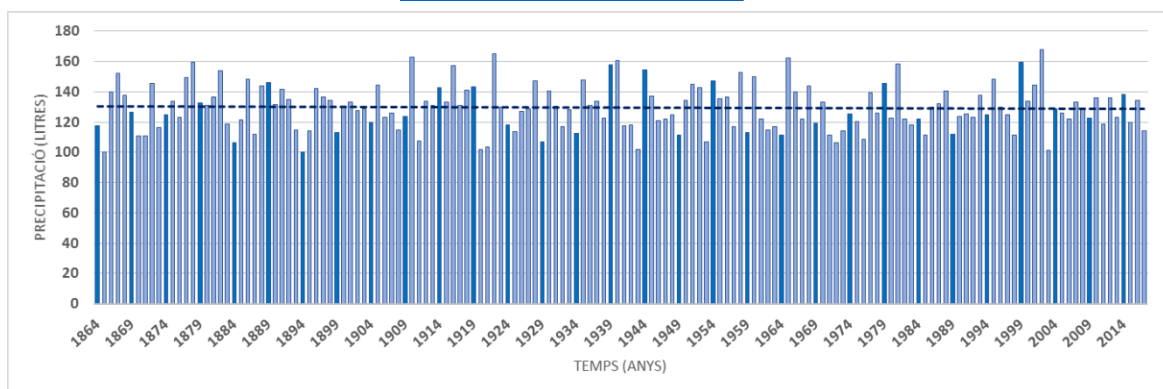


Figura 3.6: Sèrie de precipitació històrica (1864 - 2017) per l’estació d’Engelberg.

Font: MeteoSchweiz (<http://www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/vergangenheit/homogene-monatsdaten.html?station=eng>)

Les gràfiques superiors mostren els valors de temperatura i precipitació anuals des del 1864, de l’estació d’Engelberg, comuna situada al Cantó d’Obwalden (sèrie més llarga i més propera a l’àrea d’estudi). Per analitzar-les, primer de tot s’ha de tenir en compte que la temperatura mitjana de tot el període és de 5’53°C i que, amb el pas dels anys, s’ha produït una tendència a l’alça, en les quals hi ha les del 2014 i el 2015 que registren les màximes temperatures (7’73 i 7’71°C, respectivament) de la sèrie. En el cas de la precipitació, la mitjana és de 129’32 litres però té una tendència contrària, ja que es produeix una lleugera disminució al llarg dels anys; la darrera dècada enregistra unes precipitacions molt inferiors a la general, en el qual cap dels anys supera els 140 litres i, concretament, el 2003 varen caure 101’09 litres, sent un dels anys més secs.

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d’Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l’anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

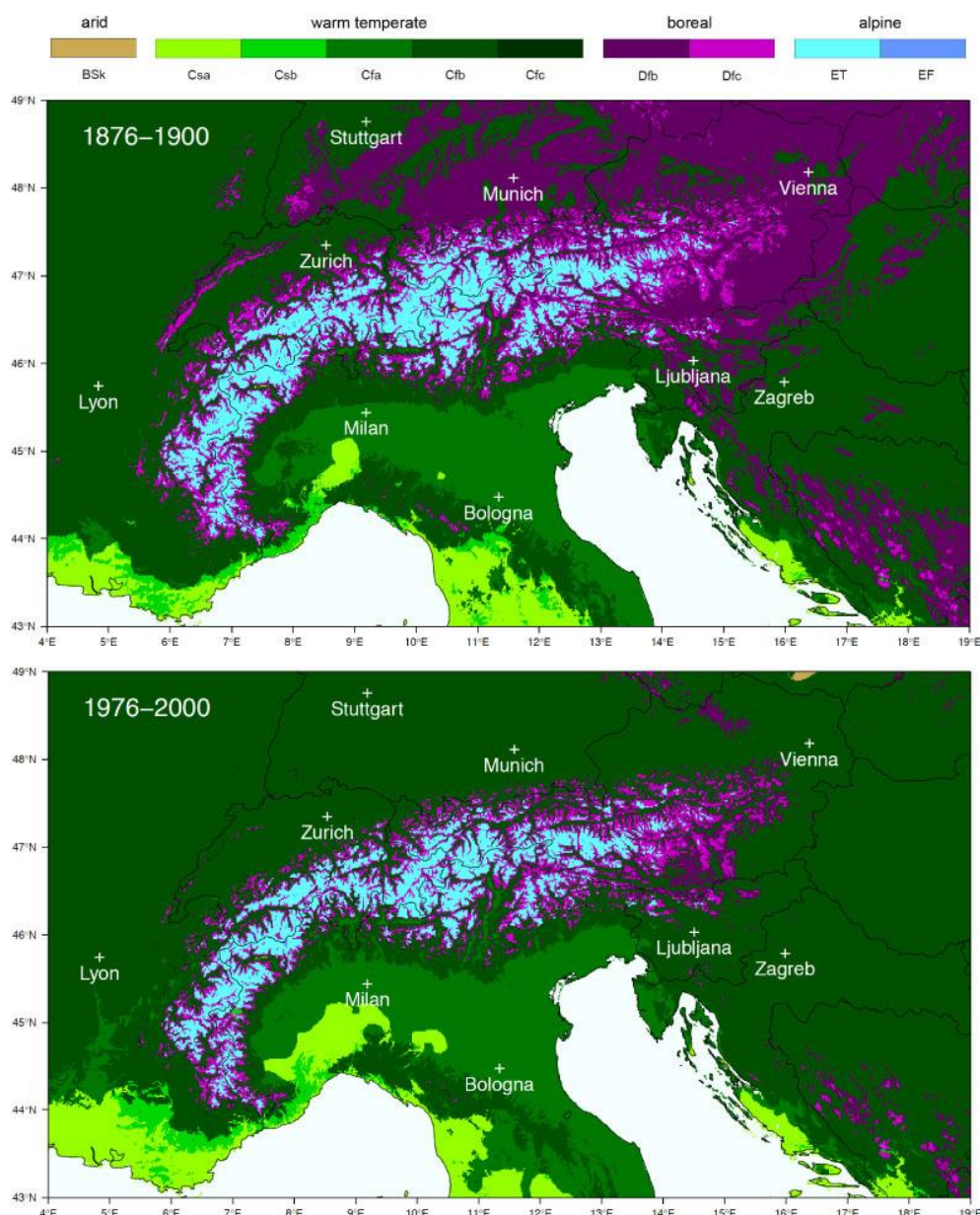


Figura 3.7: Evolució del clima (Classificació de Köppen) del 1876 fins el 1900 i del 1976 fins el 2000 a l'àrea de la serralada alpina i entorns. **Font:** World Maps of Köppen - Geiger Climate Classification (<http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/alps.htm>)

Segons la classificació de Köppen la zona d'estudi correspon al clima Cfb, tot i que es troba limitant amb el boreal (Dfb i Dfc), més cap a l'altre vessant de la vall (conques superiors de l'Aar i el Lütschine i la comuna de Grindelwald). Aquest és el clima predominant a pràcticament tota Europa central – latituds mitjanes –, amb uns hiverns humits i freds i uns estius temperats i força plujosos, tot i que les precipitacions estan equitativament distribuïdes al llarg de l'any, sense deixar que es formi una estació seca.

MONTERRUBIO (2016) exposa que a la part superior de la conca la mitjana anual és entre -8°C i -6°C , mentre que a la part inferior – la vall – el rang va des dels -4°C fins als 0°C , amb una precipitació anual entre 1300 i 1800 mm.

3.2.3 Hidrologia

El principal curs fluvial de la vall de Hasli és el riu que ha obert pas, l’Aar, que acaba desembocant al llac de Brienz i segueix fins al de Thun, travessant la comuna d’Interlaken. Aquesta vall que ressegueix és d’origen clarament glacial, tot i que la disposició d’una cubeta de sobre - excavació ha provocat un fons pla [LLORCA, J., 2015]. És el contrari que la morfologia dels cursos secundaris i torrents que tenen la típica forma V que produeix la circulació – i conseqüent erosió –, d’un mínim flux d’aigua, a més de la formació de cons i ventalls al·luvials produïts per la sedimentació dels materials arrossegats en el punt d’inflexió del pendent. Antigament, tota la vall estava influenciada pels processos de modelatge glacial, encara que la seva retirada provocà un remodelat de la zona. Als vessants de la vall es produeixen moviments de massa fluvio – gravitatoris associats a la mateixa inestabilitat, a causa de la fusió glacial i nival i al deteriorament del permafrost [ZIEGLER et al., 2013; HUGGEL et al., 2012 citats a LLORCA BALLESTER, 2015].

3.2.4 Activitat humana i usos del sòl

Com s’ha esmentat a l’apartat anterior, els nuclis de població més grans se situen als fons de vall, tot i que a mesura que s’augmenta d’altitud aquests van reduint la seva mida fent-se més dispersos. A la desembocadura d’Eistlenbach es localitza la comuna de Hoffstetten bei Brienz i, molt propera a ella, la de Brienzwiler, amb alguna granja o habitatge – més allunyat del que seria el nucli urbà – situat just al costat d’alguna forma geomorfològica passada produïda per algun esdeveniment natural destructor. Segons LLORCA, J., 2015, els sectors tradicionals productius (agricultura i ramaderia) encara mantenen en l’actualitat un cert grau d’activitat, tot i que amb el pas dels anys el desenvolupament econòmic basat en l’oferta turística ha agafat cada vegada més força; el mateix ha passat, tot i amb menys mesura, amb la producció energètica. L’ús agrícola és bàsicament pastures per la producció de farratge; amb l’objectiu de guanyar espai per la ramaderia transhumant s’ha desforestat el bosc de bastant temps ençà, cosa que, segons el mateix autor, pot haver produït un impacte agreujant dels processos erosius dels vessants. La desforestació massiva es va prolongar fins a principis del segle XX [VAN DER KNAAP et al., 2000; WICK et al., 2003 citats a LLORCA, J., 2015] quan s’inverteix la tendència cap a una reforestació, primer de forma natural per l’abandonament progressiu de la ramaderia transhumant, i posteriorment per les polítiques mediambientals [WICK et al., 2003 citat a LLORCA, J., 2015]; actualment el bosc que ha crescut dintre la conca d’Eistlenbach – format principalment per coníferes com la *Picea abies* (avet roig) o el *Pinus sylvestris* (pi silvestre) però amb mescla d’altres espècies com *Tilia cordata* (til·ler), *Fagus sylvaticum* (faig), *Betula pendula* (bedoll), *Larix decidua* (làrix), etc.– s’observa net, amb una selecció dels arbres que s’han de tallar i els que o perquè són massa joves o per algun altre motiu desconegut, han de romandre al bosc.

4. Mètodes i tècniques

4.1 Espècies forestals

El bosc que ocupa el con al·luvial del torrent d’Eistlenbach comprèn una gran varietat d’espècies arbòries, tot i que la predominant és la *Picea abies* (avet roig), però també s’hi troben caducifolis. Les espècies escollides per ser analitzades han estat, principalment, la *Picea abies* (avet roig), més dues mostres d’un mateix arbre d’un *Pinus sylvestris* (pi silvestre) i de *Tilia cordata* (til·ler). Tal com s’ha esmentat a les línies superiors, l’elecció de l’avet roig era pel simple fet de ser

l’espècie amb més quantitat d’individus presents i així poder mostrejar de forma més extensa les pulsacions climàtiques i les respostes hidrològiques d’anys passats. El pi roig i el til·ler foren sondejats perquè existeixen individus d’aquestes espècies mesclats dins l’avetosa, tot i que tampoc hi són en gran nombre; a més, se situaven, casualment, en punts estratègics prop dels dipòsits o dels canals dels debris, cosa que servirien per datar tant l’arbre en si com el substrat – produït per un procés com una avinguda, debris, etc. – sobre el qual ha crescut. També s’ha de tenir present que comparar els resultats entre diferents espècies aporta diversitat a l’estudi pel simple fet de veure les diferències internes entre uns i altres i que, sobretot, encara que siguin espècies diferents, haurien de respondre d’una forma semblant a les altres que es troben en un entorn immediatament proper i que haurien d’haver sofert les mateixes conseqüències amb una intensitat semblant.

Les mostres es van obtenir d’arbres situats a uns 600 metres d’altitud de mitjana, en el ventall format per debris flows i altres processos geomorfològics ocorreguts al llarg del temps. Gràcies al clima present i als nutrients del sòl, les espècies vegetals viuen en unes condicions molt favorables pel seu creixement, tant de precipitació com de temperatura i d’humitat. Un aspecte en el qual es pot observar aquest clima propici és en l’amplada més grossa de la fusta tardana en comparació amb la mateixa tipologia d’arbre present en unes condicions climàtiques més irregulars o adverses, com podria ser el clima mediterrani. A vista de microscopi es podrà observar com la fusta tardana comença cap a finals de juny – el 23 de juliol és l’últim dia de recol·lecció de les mostres – i l’anell del 2016 (el primer després de l’escorça) encara no ha adquirit aquest color fosc que la caracteritza, sinó que simplement s’intueix per la petita mida de les cel·les. A Espanya la fusta tardana començaria a aparèixer a l’agost però, com a tot arreu, la fisonomia de les anelles depenen de l’altitud i la latitud, ja que existeix una gran diversitat de climes; tot i això, la “norma general” dicta que com més al nord, més tard apareixerà la fusta tardana. La temperatura, evidentment, no coincideix a un mateix punt d’altitud en una regió espanyola i a l’àrea d’estudi alpina, ja que s’aconsegueix arribar abans a la temperatura òptima – temperatura més adequada pel creixement d’un arbre en concret – amb un clima més càlid com el mediterrani; com menor sigui l’altitud respecte el nivell del mar millors condicions per a la supervivència per a la gran majoria de les espècies (com les que s’estudien en aquest apartat), perquè unes temperatures molt baixes, primer, són un factor advers pel creixement dels éssers vius i, segon, perquè s’haurà d’anar a molta més altitud per trobar aquest punt òptim de creixement. Aquest procediment es basa en el que s’anomena *degree – days*, que es tracta d’un senyal natural, diferent en cada espècie per la quantitat de factors en joc, que ve condicionada per la superació d’un llindar de temperatura durant un període de temps concret, el qual causarà un estímul que l’arbre percebrà com a receptor i iniciarà el seu creixement.

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d’Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l’anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

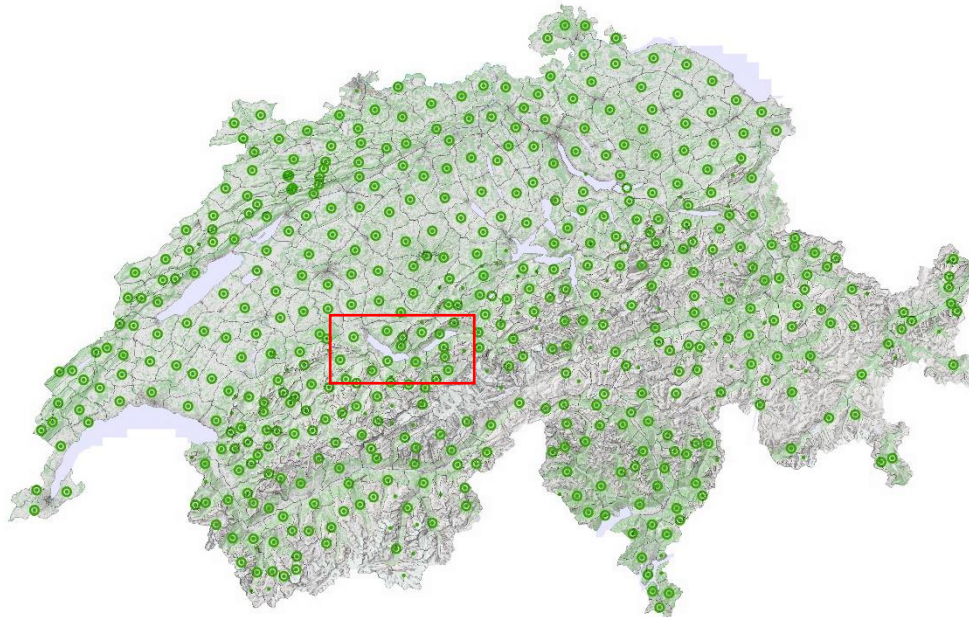


Figura 4.1: Distribució de *Picea abies* a Suïssa. **Font:**The National Data and Information Center on the Swiss Flora (<https://www.infoflora.ch/en/flora/90-picea-abies.html>)

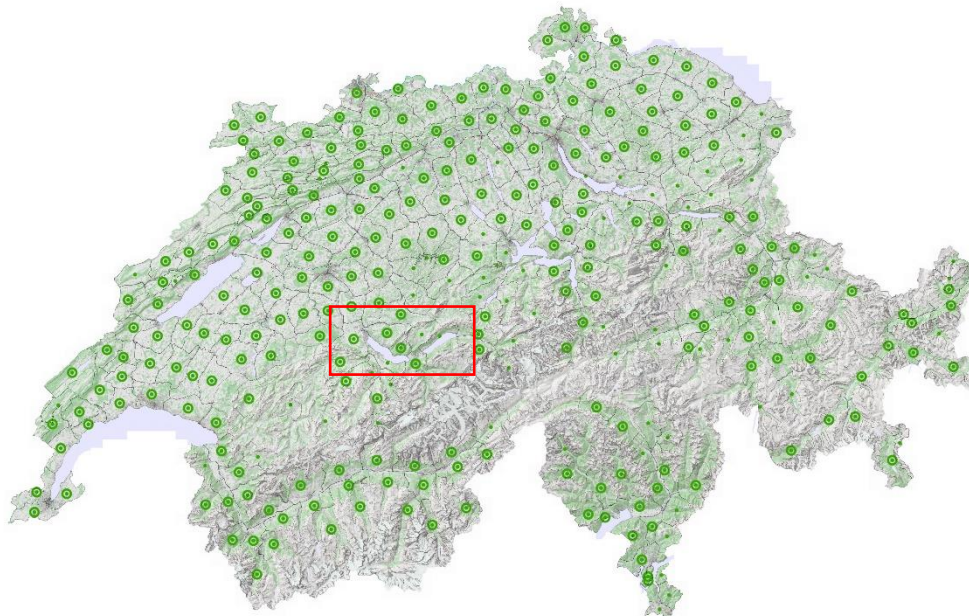


Figura 4.2: Distribució de *Pinus sylvestris* a Suïssa. **Font:**The National Data and Information Center on the Swiss Flora (<https://www.infoflora.ch/de/flora/95-pinus-sylvestris.html>)

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d’Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l’anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

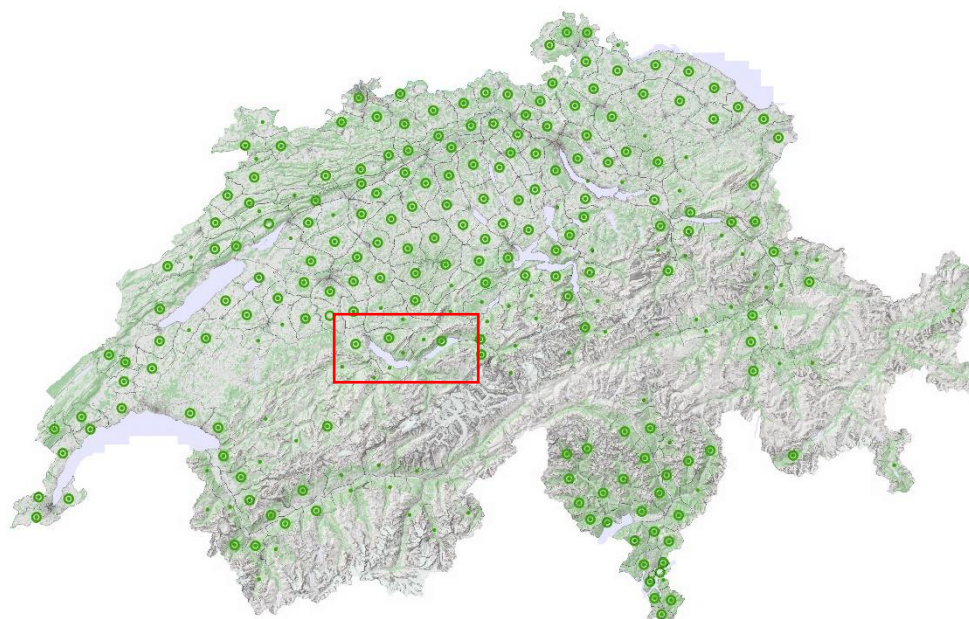


Figura 4.3: Distribució de *Tilia cordata* a Suïssa. **Font:**The National Data and Information Center on the Swiss Flora (<https://www.infoflora.ch/de/flora/533-tilia-cordata.html>)

A cadascun dels tres mapes anteriors de Suïssa hi ha representada la distribució de cada una de les espècies. Tot i ser mapes nacionals, es pot observar la gran predominança de la *Picea abies* al llarg del territori, seguit pel *Pinus sylvestris* que es localitza a la part nord del país i a l’extrem sud, sense presència en els punts més elevats dels Alps Centrals i disminuint el nombre d’individus a la zona d’estudi (tot i que hi ha una major concentració al voltant del llac Thun). Finalment la *Tilia cordata* està poc dispersa en comparació a l’avet roig; aquesta es concentra a la part central del país i al Cantó de Ticino (extrem sud), sent la carena alpina una gran barrera com en el cas del pi roig; a l’àrea d’estudi la seva presència ha disminuït de forma important, tot i que sembla que a la desembocadura de l’Aar encara s’hi mantenen.

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d'Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l'anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

L'avet roig és natiu dels Alps, els Balcans i els Carpats, però el seu rang arriba fins al nord d'Escandinàvia i Rússia, segons SULLIVAN, J., 1994. Té tendència a mesclar-se amb el *Pinus sylvestris*, el *Fagus sylvatica* i l'*Abies alba*, totes elles present al ventall al·luvial d'Eistlenbach. La seva fusta és suau, forta, rectilínia i fina, per la qual és àmpliament utilitzada per la construcció i fabricació de mobles i altres objectes. A Europa en general es gestiona els sistemes de selecció de la *Picea abies* i el *Fagus sylvatica* (sobretot en explotacions privades) per intentar mantenir l'*Abies alba* que, altrament, seria eliminada per aquestes dues espècies. Té la capacitat de suportar sòls àcids (els sòls sobre els quals ha crescut aquesta espècie tendeixen a un increment de l'acidificació quan la seva capacitat d'aborció disminueix amb l'edat) i regions amb hiverns severos però humits; en canvi, li costa sobreviure en sòls secs o amb baixa quantitat de nutrients. SULLIVAN, J., 1994 esmenta que no és una espècie que resisteixi a forts cops de vent i fàcilment es trenca per acumulació de neu.



Figura 4.4: *Picea abies*. Font: Global Biodiversity Information Facility (<http://www.gbif.org/species/5284884>)



Figura 4.5: *Pinus sylvestris*. Font: Urban Forest Ecosystems Institute (<https://selectree.calpoly.edu/tree-detail/pinus-sylvestris>)

El pi roig és l'espècie de pi més extensament distribuïda pel globus terraqüi, ja que es localitza al llarg de la regió d'Euràsia – des de l'oest d'Espanya fins a l'est de Rússia, des de latituds del nord d'Escandinàvia fins a les muntanyes de Sierra Nevada al sud d'Espanya, i des del nivell del mar en les zones nòrdiques fins a uns 2600 m d'altitud al Caucas – [URBAN FOREST ECOSYSTEMS INSTITUTE, S.D]. Es pot trobar en diferents rangs altitudinals, ja que té una alta tolerància a les gelades i a les sequeres – gràcies a la forma acícula de les fulles – a més de ser capaç de créixer en sòls pobres de nutrients (al contrari que la *Picea*), ja que no té una gran demanda nutricional però sí que requereix una alta intensitat de llum solar per un bon creixement. La seva fusta és molt apreciada per la seva relació qualitat – pes, i és un arbre que es planta per controlar l'erosió dels sòls i per reforestar àrees cremades [SULLIVAN, 1993].

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d’Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l’anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

El til·ler creix des del sud de Finlàndia fins al sud d’Itàlia, i des del Caucas fins al nord - oest d’Espanya i Wales, preferint clarament baixes altituds [URBAN FOREST ECOSYSTEMS INSTITUTE, S.D]; és segurament per aquest motiu que les mostres que s’extragueren per ser datades es localitzaven a la part inferior del con, on majoritàriament es troba aquesta espècie. Necessiten zones assolellades, toleren els sòls alcalins si són humits i no són particularment favorables a la sequera, tot i que toleren més el sòl compacte i sec que la *Tilia americana*. Es planta molt pel seu ràpid creixement en diferents hàbitats i per la simetria de la seva copa. La seva fusta és pàl·lida i tova, a més d’un creixement rectilini en un únic tronc; s’usa per a la construcció de mobiliari de baix cost [GILMAN, E., F., I WATSON, D., G., 1994]. Fa entre 5000 i 7000 anys enrere era una de les espècies més abundants als Alps abans de l’expansió i intensificació de l’agricultura, que provocà la tala de boscos per la creació de camps de cultiu.



Figura 4.6: *Tilia cordata*. **Font:** Urban Forest Ecosystems Institute (<https://selectree.calpoly.edu/tree-detail/tilia-cordata-greenspire>)

Quan s’observa algun core ràpidament es detecta de quina espècie es tracta. La primera característica seria el color, molt més fosc en el pi roig i blanquinós en el til·ler, cosa que fa que en el pi es marquin molt més els anells que en el til·ler, el qual afegeix una gran complicació a l’hora de ser datat. I per últim hi ha els conductes resinífers que es troben sobretot en coníferes i gimnospermes; la *Tilia cordata* al ser una angiosperma té una anatomia de la fusta totalment diferent. Dins de les espècies també n’existeixen alguns que en tenen de forma habitual – com és el cas del *Pinus sylvestris* -, i d’altres, com les *Picea*, que només apareixen com a conseqüència d’un traumatisme. Llavors, depenent de l’espècie estudiada, fer un recompte dels conductes resinífers traumàtics pot ser una tasca extremadament complicada.

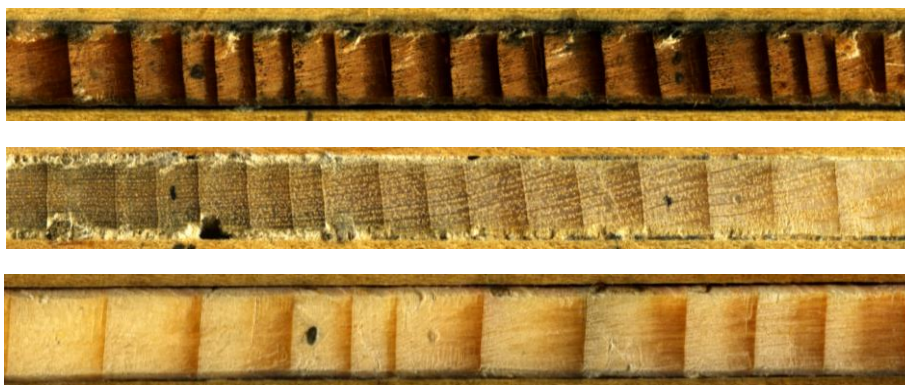


Figura 4.4: Diferència entre fragments de cores de *Pinus sylvestris*, *Tilia cordata* i *Picea abies*. Diferències entre el color i els conductes resinífers, que apareixen només en cas de traumatisme a la *Picea* (els altres dos ja en tenen per la seva naturalesa). **Font:** Elaboració pròpia.

4.2 Dendrocronologia

4.2.1 Presa de mostres al camp

4.2.1.1 Extracció de les mostres

El sondeig es realitza amb una barrina de Pressler, eina amb forma de “T” la qual té un mànec de fusta per on es subjecta l’instrument i un tub amb un extrem esmolat que perfora la fusta. La seva utilització és senzilla, ja que es tracta de col·locar-la part perpendicularment a la part del



tronc de l’arbre que es vol extreure. Una vegada ja està la posició, es gira pel mànec al mateix temps que es pressiona en direcció al tronc perquè penetri a la fusta fins a la llargada que interressi; per treure-la, es gira l’eina com si es descargolés. Un cop ja es tingui la mostra es col·locarà amb delicadesa a les capses o els tubs transportadors, i s’identificaran amb un codi per tal de no confondre-les.

Figura 4.5: Barrina de Pressler. **Font:** G.I.S Ibérica

(<http://www.qisiberica.com/barrenas%20forestales/barrenas%20forestales.htm>)

Per conèixer l’edat real d’un arbre, caldria extreure una mostra del tronc a l’alçada del coll de l’arrel. Això no acostuma a ser possible degut a la forma de la barrina que, en conseqüència, no pot anar tan arran de terra; l’única opció seria tallar l’arbre completament. Els sondejors que es realitzaren en la sortida de camp del juny del 2016 i de la qual s’obtingueren les mostres analitzades seguien altres pautes que, en alguns casos, dificultaren el recompte d’anys dels testimonis extrets pels motius següents

- Passar-se de llarg:** Es perfora l’arbre però sense ajustar-se a la medul·la, cosa que provoca que el core obtingut s’hagi extret una desplaçat del centre.
- Quedar-se curt:** No s’ha introduït suficientment la barrina a l’arbre i amb l’extrem final no s’ha aconseguit arribar a la medul·la. És degut que en aquesta sortida al camp no es tenia la barrina llarga per perforar els arbres més gruixuts.
- Distància a la base:** Es perfora més amunt del que caldria, concretament a l’alçada del pit de la persona que ho va portar a terme, perdent anys.

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d'Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l'anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

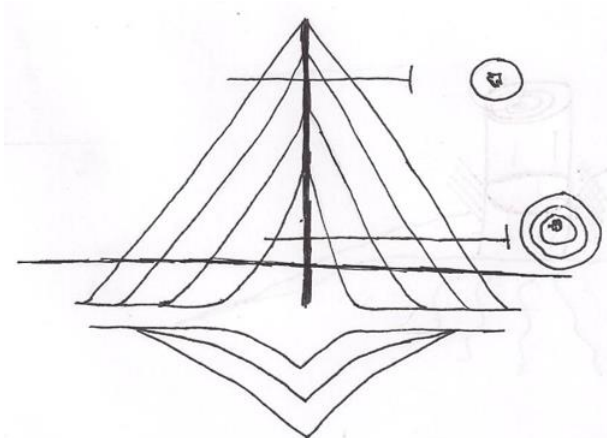
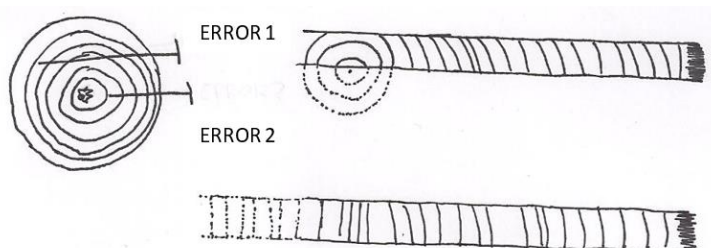


Figura 4.6: Esquematzació frontal de la distribució interna dels anells d'un arbre. La medul·la es troba a la part aèria de l'arbre, amb més quantitat d'anells com més proper al sòl s'extregui (l'extrem més elevat només hi haurà la medul·la i el primer anell i a mesura que baixi augmentaran el nombre d'anells).

Font: Elaboració pròpia a través de la informació proporcionada per MUNTAN, E.



4.2.1.2 Selecció

Normalment, els arbres per ser mostrejats es localitzen en àrees que es trobin sota estrès, majoritàriament aquells que estiguin al límit del seu rang ecològic, ja que en aquests casos les variacions climàtiques influeixen fortament en els increments dels creixements anuals, provocant una major diferència entre els anells; llavors es qualifiquen aquests arbres com a sensibles, perquè els que es troben en situacions més favorables – major disponibilitat d'aigua subterrània – no es presència tant la influència del clima, reflectida en l'amplada de les anelles que mostren la variabilitat interanual (anomenats arbres complaents) [SPEER, 2010]. El cas dels arbres mostrejats (i del bosc en conjunt) de l'àrea d'estudi no és pas el d'una situació sota estrès perquè creixen amb una clima molt favorable per la vegetació, ja que tenen suficient disponibilitat d'aigua i unes temperatures no extremes, a més de la poca altitud de la conca; només és en estius anòmals quan els arbres poden patir estrès i derivin a ser sensibles, marcant molt més en el seu creixement els canvis en l'ambient.

Existeix un llarg espectre de possibilitats de les mostres que van des d'arbres que són extremadament sensibles al clima fins als que pràcticament no estan afectats per les variabilitats climàtiques interanuals. Però tot i el que s'ha dit, també es pot extreure informació d'arbres que no es troben en situacions extremes, extraient la informació climàtica a partir de totes les mostres aïllades. Existeixen dos tipus d'estrès:

- **Per la humitat:** Arbres de zones semi - àrides estan condicionats per la manca d'aigua (o en altres casos també podria ser per l'excés), cosa que es reflecteix en els canvis d'amplada de les anelles que, preferentment, mostraran aquesta variabilitat.
- **Per la temperatura:** Arbres situats en prop de la franja altitudinal o latitudinal de l'espècie estan condicionats preferentment per les limitacions de les temperatures i, per tant, l'amplada de l'anell contindrà una forta senyal de les variacions de temperatura.

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d'Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l'anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

Segons BRADLEY (1948), per l'estudi dendroclimàtic és essencial conèixer l'edat precisa de cada anell. Per poder-ho analitzar s'ha de tenir molta cura perquè a vegades els arbres poden produir anells falsos o bandes de creixement intra - anuals que poden portar una confusió amb la transició entre la fusta primerenca i la tardana.

La localització i la posició de l'arbre pot tenir efectes notoris en el seu creixement, ja que aquest depèn tant de la genètica de l'espècie com de l'entorn on està situat. Primerament, la composició genètica determinarà en quins ambients pot aconseguir sobreviure un arbre i quina serà la seva resposta a les condicions en si. El medi ambient, per la seva part, determina el creixement de l'arbre perquè és qui li proporciona els nutrients, l'aigua i l'energia radiant per tal que pugui portar a terme els seus processos metabòlics. Un dels principals elements limitadors del creixement és la precipitació (o el grau d'humitat que conté el sòl), en el qual no només intervé el factor climàtic, sinó també d'altres més geomorfològics com poden ser el drenatge de l'aigua, la textura, la composició, etc. Degut a això, es poden produir dos grans tipus d'anells segons STOKES AND SMILEY (1996):

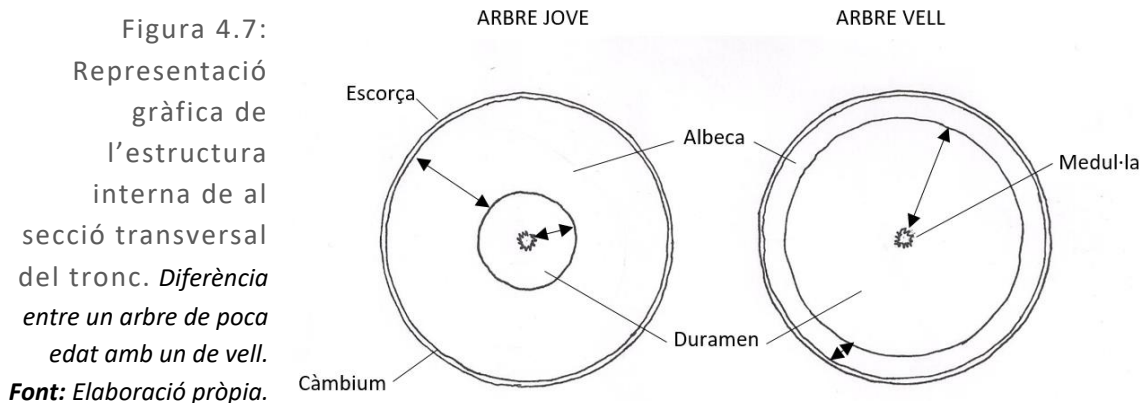
- **Sèries d'anells complements:** Es tracta d'anells molt homogenis entre ells, sense grans variacions en la seva amplada, degut a la disponibilitat d'aigua del subsòl, ja que no es trobaran sota estrès hídric, el que provocarà un creixement òptim. Els arbres que han crescut sota aquestes condicions seran uns espècimens botànics excel·lents, però no tenen gaire sentit alhora de datar-los per trobar algun element característic o que ens mostri algun esdeveniment. Normalment es localitzen en llacs, valls fluvials, marges de carretera i àrees planes a prop d'un pendent.
- **Sèries d'anells sensibles:** Es mostraran en zones on l'aigua subterrània no és permanent i el drenatge del sòl és bo – pendents, per exemple –, provocant que el creixement radial sigui proporcional a la precipitació, mostrant uns patrons amb un gran interès per a la datació.

4.2.1.3 Dades preses

Les dades preses que interessin pel projecte es troben en l'estructura interna de l'arbre i, més concretament de la fisonomia dels anells. Aquestes s'extragueren durant la sortida que l'equip realitzà al torrent d'Eistlenbach (Brienz, Cantó de Berna) el juny del 2016, més concretament pels doctors Lothar Schulte i Antonio Gómez. Es sondejaren 34 arbres de la majoria dels quals s'obtingueren dos cores des de diferents direccions (normalment la nord i l'oest, tot i que poden variar segons els interessos d'aquell arbre, si hi havia alguna part que es podria, s'hi detectava algun cop, es volia aconseguir la fusta de reacció...) i així intentar captar alguna anomalia o característica de l'arbre; aquests 34 arbres es transformen en 57 cores i una secció. L'estratègia seguida per l'obtenció de les mostres han estat la situació dels lòbuls dels debris; és a dir, s'han escollit els arbres que es localitzaven a prop o sobre els dipòsits sedimentaris – i en conseqüència al voltant dels paleo - canals – perquè són els que tenen una major probabilitat de tenir perturbacions en el seu creixement provocades per esdeveniments hidrològics.

En la secció transversal del tronc d'una conífera es poden observar les diferents parts – informació extreta de la teoria proporcionada per la doctora ELENA MUNTAN (COMUNICACIÓ ORAL, 2017), i de les pàgines webs SWISS FEDERAL INSTITUTE OF FOREST, SNOW AND LANDSCAPE RESEARCH –:

- **Medul·la:** Part central del tronc d'un arbre a partir de la qual s'hi afegeixen capes concèntriques que són els anells de creixement anuals; és l'edat 0. Està formada per cèl·lules esfèriques, amb un teixit parenquimàtic d'emmagatzematge.
- **Xilema:** Conjunt de cèl·lules que constitueixen el teixit llenyós (conductors, de suport i de reserva) produïts per la diferenciació cel·lular cap a l'interior del càmrium.
 - **Duramen:** Part més interna de la xilema (envolta la medul·la) que li manquen cèl·lules vives (per tant, no hi circula res) i normalment més enfosquida que l'albeca; és merament una part estructural.
 - **Albeca:** Capes més externes de la xilema, les funcions de les quals són: transport, emmagatzematge de reserves, suport mecànic i protecció i defensa. Per ella hi circula la sàlvia bruta, l'aigua i els nutrients, independentment de la direcció dels anells, ja que segueixen uns vasos conductors diferenciats.
- **Càmrium:** Fina capa de teixit meristemàtic (pràcticament imperceptible a primera vista) entre la xilema secundària i el floema on es produeix la divisió cel·lular activa. És aquí d'on sorgeixen els anells de creixement, ja siguin cap a l'interior (formació de la xilema) o cap a l'exterior (formació de l'escorça).
- **Escorça:** Teixits que queden a la part exterior del càmrium.
 - Floema o líber: Capa interna formada per cèl·lules vives que transporten i dipositen substàncies nutritives pel tronc.
 - **Súber o suro:** Part més exterior del tronc composta per cèl·lules mortes i que compleix la funció de protecció de la fusta.



Els arbres joves tenen una albeca molt més ampla que el duramen perquè tenen la necessitat de captar molts més nutrients per impulsar el seu creixement, però a mesura que es fan vells és el duramen el que ocupa el major diàmetre [MUNTAN, E., COMUNICACIÓ ORAL, 2017]

El conjunt d'anells de creixement correspon a la xilema, i en les coníferes estan formats majoritàriament per cèl·lules traqueïdes, que tenen una forma allargada i prima. Els eixos que formen aquestes cèl·lules són paral·lels a les tiges o el tronc del qual formen part. Cada anell està dividit en dues grans parts:

- **Fusta primerenca (*earlywood*):** Les cèl·lules d'aquesta fusta es formen a l'inici del període de creixement – entre el maig i el juny – i representen un creixement més potent i ràpid (l'amplada d'aquestes cèl·lules és superior a les de la fusta tardana) –. La fusta és més tova i les cèl·lules tenen les parets més primes, la qual cosa es veuen grans espais buits quan es mira pel microscopi (menor densitat).

- **Fusta tardana (*latewood*):** Les traqueïdes es formen cap a finals del període de creixement – durant l’estiu i la tardor –, quan l’activitat comença a perdre força. La fusta és més resistent i les parets de les cèl·lules són més gruixudes (hi ha una disminució progressiva de la mida de la llum interior), veient una densitat molt major que en la primerenca.

Aquesta diferència provoca que visualment hi hagi un fort contrast entre les últimes cèl·lules del *latewood* i les primeres de l’*earlywood* de la següent època de creixement, delimitant clarament els extrems d’un anell de creixement (es crea com una franja fosca que, sense progressió, canvia a un color molt més clar). Tot i això, també es pot donar el cas que hi hagin unes condicions de creixement molt més severes a mitja temporada de creixement – i no al final, com hauria de ser, formant el *latewood* –, provocant la producció de cèl·lules de paret gruixuda entremig de l’anell.



Figura 4.8: Estructura d’un anell de creixement del core EBPA23N1. *Pas de la fusta primerenca a la tardana amb conductes resinífers traumàtics. Font: Elaboració pròpia.*

Aquesta situació incita a errors en la datació del core, ja que es produirien el que s’anomenen anells dobles; encara que es poden detectar i distingir fàcilment d’un anell vertader perquè el primer és un canvi gradual del que seria l’anell verídic a la següent banda fosca que correspondria a aquest anell fals, provocant un anell doble.

4.2.1.4 Transport i conservació de les mostres

Com s’ha esmentat a l’apartat 4.2.1.2, un cop extretes en guardaran en unes caixes fetes també de fusta amb separadors perquè no es mesclin els diferents mostres, ja que hi poden haver fragments trencats que es podrien barrejar amb altres. El mode de transport i emmagatzematge pot ser diferent, ja que també existeixen altres mètodes com planxes de plàstic perforades perpendicularment perquè hi circuli l’aire i no es facin malbé o els tubs metàl·lics, els quals han de ser tapats per cotó fluix pels extrems perquè la mostra no surti i no pugui rebre impactes que la malmetin. Aquest tipus de conservació simplement és utilitzada per poder-les transportar a la motxilla des de l’àrea d’estudi fins al laboratori, la casa o algun altre lloc on quedin resguardades i no tinguin moviment. Un cop s’iniciï l’anàlisi de les mostres aquestes passaran per un altre procediment que s’explicarà a continuació per canviar-les de suport, cosa que ja deixaran per sempre les caixes transportadores (o qualsevol altre element que s’hagi usat per emmagatzemar-les durant els dies d’estància al camp).

4.2.2 Procediment de preparació i datació de les mostres dendrocronològiques

En el present treball, s’ha seguit el procediment habitual en dendrocronologia [STOKES AND SMILEY, 1968]. Per tal de datar les mostres, en primer lloc, cal preparar-les per a la seva observació sota

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d’Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l’anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

la lupa binocular. Després serà necessari fer una datació visual, una mesura dels anells i una comprovació de la datació visual per obtenir la datació definitiva de les mostres.

4.2.2.1 Reconstrucció de testimonis

És el primer pas que es realitza un cop les mostres (testimonis de fusta – cores – extrets amb una barrina de Pressler) ja han estat transportades al laboratori. El primer punt a seguir consisteix en el muntatge i el polit de les diferents mostres per una posterior datació visual, exceptuant la secció que es poleix directament.

I. Preparació de les mostres

▪ Muntatge dels cores a les guies

- Posar a la dreta de la guia l’anell més recent (la més propera a l’escorça), sempre tenint les fibres de la fusta (cèl·lules formant línies rectilínies al llarg del diàmetre del core) en vertical, perquè el poliment es farà per la part superior per aconseguir una major visualització dels anells.

A la part dretana de la guia, on es posarà l’escorça i el càmbium del core, s’hi escriurà el codi que correspondrà a la localitat o àrea d’estudi – Eistlenbach –, l’espècie arbòria, el número de l’arbre que se li va adjudicar, l’orientació i la rèplica (si se n’ha fet dos o més exactament iguals). A l’altre extrem de la guia s’hi escriurà la data de la recollida. El codi complet tindrà aquest format:

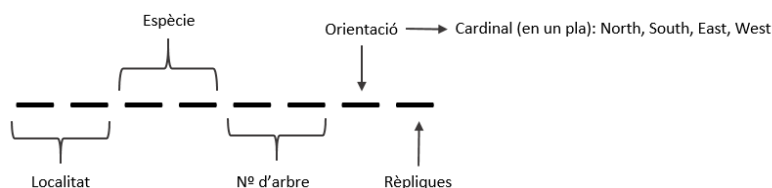


Figura 4.9: Format seguit per anomenar les mostres.

Font: Elaboració pròpia a partir del mètode seguit per la doctora Muntan, E.

En el cas de no conèixer l’orientació, es substituirà per alguna lletra com A, B, C, X, Y, que no tinguin cap altre significat en la datació de les mostres.

- Posar cola blanca d’acabat transparent en el raïl i seguidament fixar-lo amb cinta adhesiva, sobretot els trossos que estiguin fragmentats perquè no saltin mentre s’asseca la cola ni que s’esberlin quan es llimin.

▪ Polit de les mostres

L’objectiu d’aquest pas obtenir un gran detall de les cèl·lules de la fusta per poder fer un recompte de les anelles més endavant.

- Un cop els cores estiguin fixats a la guia, es tallarà aquesta amb una serra per poder tenir les diferents mostres individualitzades, i es traurà la cinta que les subjectava.
- Començar a llimar les mostres per aconseguir una superfície plana perquè es puguin visualitzar les anelles amb el microscopi (s’ha de tenir en compte que la part més recent del core també és la més tova, la qual cosa s’allisarà amb molta més facilitat que la fusta vella). Aquest procés s’ha de fer esglaonadament, ja que primer de tot s’utilitzarà el paper de gra 220, el qual ens servirà per deixar la part superior de la mostra més o menys rectilínia; a continuació el del gra 280, el de 400 i finalment el de gra 800 o 1500, que servirà per eliminar les ratlles

que hagi deixat la llima anterior i pugui crear alguna interferència visual – cada cop la superfície serà més llisa –.

D’aquest paper de llima se’n retalla un tros i es col·loca a un instrument anomenat *zapatilla*, que consisteix en una peça de plàstic que permet agafar-la fort i amb una base plana, llisa i dura a la part inferior, on es subjectarà el paper a uns claus amb la cara rugosa cap a l’exterior, per així poder llimar amb més facilitat i més unànimement a tota la mostra.

II. Datació visual

▪ Comptabilització de les anelles

- a. Es compten els anells des del més recent (situat a sota l’escorça) fins el més proper al centre (medul·la). Existeix la possibilitat de trobar algun obstacle com una branca, cosa que impedirà seguir comptant més enllà.

El primer pas és conèixer l’època de l’extracció de la mostra, ja que es començarà a comptar per un any diferent, sent el 2016 l’any del mostreig:

- Si és durant l’hivern: L’últim anell correspon a l’any anterior del de la recollida de la mostra (2015).
- Si és durant l’estiu: L’últim anell correspon a l’any en curs en el qual s’ha recollit la mostra (2016), sent el cas de les mostres d’aquest estudi.

Per saber els anys, es realitza una petita senyal a sobre el propi core amb llapis, i seguidament s’escriuen els anys a sota; tot aquest procediment seguint el criteri habitual en dendrocronologia [STOKES AND SMILEY, 1968]:

- Un punt per a les desenes (1970, *p.e.*). A la guia s’escriu un sol número que representa les desenes de l’any (7, *p.e.*).
- Dos punts per a meitat de segle (1950, *p.e.*). S’escriu simplement un 5, com en l’anterior.
- Tres punts per a inici de segle (1900, *p.e.*). S’escriuen dues xifres representant els dos primers dígit de l’any (20 per l’any 2000, 19 pel 1900, *p.e.*).
- Quan s’arriba a l’últim anell que es pot comptar s’escriu l’any sencer a la guia de fusta.



Figura 4.10: Enumeració del core EBPA11N1. Dos punts per l’any que acabi en 50 i un punt pels anys acabats en 0. Font: Elaboració pròpia

▪ Cross - dating

La superfície terrestre es divideix en una gran quantitat d’àrees macroclimàtiques, originades en funció de la circulació atmosfèrica, les precipitacions i el relleu que l’envolta (especialment la vessant en la qual es situïn les serralades). En una escala determinada, les condicions meteorològiques anuals varien, més o menys, uniformement, podent considerar que aquella àrea té un

clima homogeni. Hi pot haver la possibilitat que els arbres d’una mateixa zona tinguin un creixement desigual, ja que cadascun pot estar afectat més concretament per altres factors, però sí que han de tenir un patró de creixement similar, en el qual existiran uns anells característics comuns a tots els arbres de la zona.

Fet aquest comentari, la cross - datació consisteix, inicialment, en cercar els anells més característics entre dues mostres d’un mateix arbre per poder contrastar el recompte prèviament fet. Aquests anells tant poden ser els més gruixuts com els més estrets (tot i que aquests últims són més fiables i més distintius), sempre comparant-los amb els tres anteriors i els tres posteriors; es podria qualificar com amplitud relativa perquè no es tracta de la més gruixuda o prima de tot el core i es basa en el criteri de l’observador – no hi ha una escala reglamentada per decidir-ho –. Es realitza la sincronització dels cores comprovant que existeixen els anells característics situats en els mateixos anys que s’han marcat. Pot succeir que els anells peculiars estiguin desplaçats en un o dos anys, cosa que significaria que no s’ha fet bé el recompte i que s’hauria de repassar.

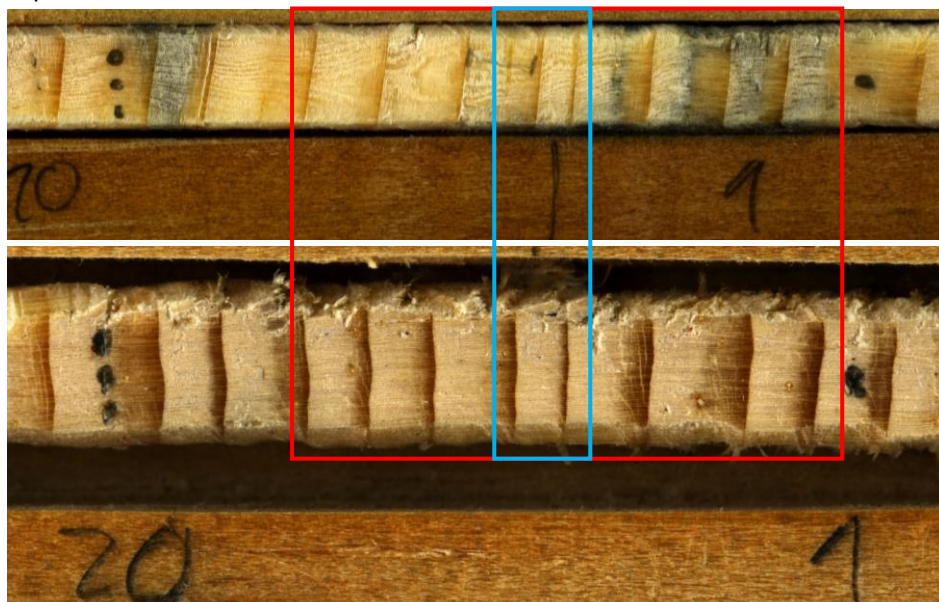


Figura 4.11: Cross - datació dels cores EBPA21W1 i EBPA21N1 (superior i inferior, respectivament) a partir de l’anell característic del 2006. Les imatges mostren que en els dos cores hi ha l’any 2006 – marcat en blau – que és excepcionalment estret en comparació amb els tres que el prossegueixen i els tres que el segueixen – marcats en vermell –. **Font:** Elaboració pròpia a partir de la metodologia present en el 4.2 Dendrocronologia.

Existeixen dos sistemes per a la cross – datació [SPEER, J.H., 2010]:

- Mètode Skeletonplot [STOKES AND SMILEY, 1968]: És l’eina clàssica aplicada per ANDREW ELLICOTT DOUGLASS (1920), pare de la dendrocronologia, el qual buscava la correlació entre les taques solars i les anelles de creixement dels arbres. Es necessita una fulla mil·limetrada i a sobre d’aquesta s’hi col·loca el core; seguidament es marquen les anelles estretes sobre el paper, dibuixant una línia vertical la qual ha de tenir correspondència amb el valor que se li dona

(de 0 a 10), proporcional a l’estretor de l’anell respecte a les seves veïnes – sempre segons la percepció de l’expert –, sent el 10 un anell molt prim, imperceptible o absent, el qual es dibuixarà com una línia el més gran possible. També es dibuixaran petits quadrats que marcaran les anelles més amples.

L’escala del paper mil·limetrat correspon a l’escala temporal del core – ho marquen les distància entre les anelles – i no als mil·límetres del mateix paper.

- Mètode Yamaguchi [YAMAGUCHI, 1991]: Es busquen els anells característics sense fer una escala, simplement apuntant quins són els estrets, els amples... individualment, sense tenir en compte el seu homòleg. Es tracta d’una taula on es col·loca una sèrie temporal suficientment llarga per abraçar totes les mostres i en la qual s’apunten les anelles que captin més l’atenció de l’expert (sempre en comparació amb les veïnes); al final es pot comprovar si hi ha coincidència en els anys on hi ha hagut algun tipus d’episodi entre cores i entre arbres. És l’opció que s’ha utilitzat en el procediment.

No només s’ha de mirar l’amplada sinó també la morfologia, ja que la diferència es pot trobar pel:

- Gruix de l’anell (estret o ample)
- Gruix de la fusta tardana (gruixuda o prima)
- Color de la fusta tardana (clara o enfosquida)

Data mostreig	Mostra	Localitat	Datació vis.
2016	EB-4.5	EB-4.5	EB-21.1
2015	EB-4.4	EB-4.4	EB-21.2
2014	EB-4.3	EB-4.3	EB-21.3
2013	EB-4.2	EB-4.2	EB-21.4
2012	EB-4.1	EB-4.1	EB-21.5
2011	EB-4.0	EB-4.0	EB-21.6
2010	EB-3.9	EB-3.9	EB-21.7
2009	EB-3.8	EB-3.8	EB-21.8
2008	EB-3.7	EB-3.7	EB-21.9
2007	EB-3.6	EB-3.6	EB-21.10
2006	EB-3.5	EB-3.5	EB-21.11
2005	EB-3.4	EB-3.4	EB-21.12
2004	EB-3.3	EB-3.3	EB-21.13
2003	EB-3.2	EB-3.2	EB-21.14
2002	EB-3.1	EB-3.1	EB-21.15
2001	EB-3.0	EB-3.0	EB-21.16

Figura 4.12: Mostra de la cross – datació representada a la figura 4.11 (requadre vermell) de l’anell característic del 2006. Les mostres que s’observen a les imatges com a EB-21.1 i EB-21.2 corresponen a les EBPA21N1 i EBPA21W1, respectivament. **Font:** Elaboració pròpia a partir de la metodologia present en el 4.2 Dendrocronologia.

4.2.2.2 Mesura dels anells

Per realitzar aquesta tasca s’ha utilitzat el programa ImageJ, que permet mesurar imatges digitalitzades. Prèviament s’ha procedit a escanejar les mostres ja polides i datades visualment perquè les imatges de les quals es calibraran i mesuraran. Es tracta d’escanejar els diferents cores amb una resolució suficientment alta perquè no hi hagin interferències en les imatges i, fins i tot, perquè es puguin observar – o intuir amb bastanta precisió – les cèl·lules i altres elements com els conductes resinífers traumàtics, entre d’altres.

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d’Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l’anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

Mida de la imatge	3200 dpi
Resolució	24 Bits
Variació de la intensitat del color	179, 110

Taula 4.13: Fonaments utilitzats per escanejar les mostres.

Font: Elaboració pròpia

La mesura dels anells es fa d’una fusta tardana a la següent. Per fer-ho, s’ha de buscar el terme mig de l’anella (ni la part més estreta ni la més ampla, i encara menys on es localitzin anomalies com els conductes resinífers traumàtics). Prèviament s’haurà calibrat la imatge per tal d’obtenir les mesures resultants amb mil·límetres. Amb això es produeix una taula en excel on, entre altres, es mostrarà la longitud de l’anella.

4.2.2.3 Comprovació estadística de la datació

Amb la finalitat de comprovar si la datació visual és correcta s’usarà el programa COFECHA [HOLMES, 1983]. El resultat que s’obindrà de tot el procediment són els possibles errors comesos en la datació de les mostres, però sempre és la persona qui té el vot final per decidir si es torna a comprovar – i refer – la datació.

El COFECHA treballa amb la llista de mesures de totes les mostres en format .rw (*ring width*) que és un simple llistat .txt; per obtenir la llista de tots els cores s’ha utilitzat el programa CORING que proporciona un .rwl (*ring width list*), i una vegada s’ha produït aquest canvi, ja es podrà obrir amb el següent programa.

Finalment el COFECHA correlacionarà cada mostra d’un registre amb una que serà la control (calcula la mitjana de les mostres per després donar el resultat de la desviació de cada una); si la cross-datació entre les dues mostres és superior a 0’32 és vàlida. El programa també proporcionarà un anàlisi exhaustiu dels anells mostrant, a través de línies, si són més amples, extremadament primes... en definitiva, es podria contemplar com un Skeletonplot. Per últim, el resultat que s’ha buscat des de l’inici és que el software mostri si la datació de cadascuna de les mostres es pot considerar correcta o si caldria modificar-la parcialment o en la seva totalitat. Segons SPEER (2010), el Cofecha treballa estadísticament creant una cronologia mestre a partir de la mitjana de tots els índexs de sèries de tots els cores que s’han introduït al programa. Seguidament es treu el core que s’ha d’analitzar de la cronologia mestre i es divideix en segments de 50 anys amb una superposició, per defecte, de 25 anys, correlant estadísticament cada segment amb la cronologia mestre. Si la correlació és inferior al valor preestablert a les línies superiors, el programa comprova en segments de 10 anys què es podria millorar (crea una llista del període de 10 anys que creu erroni amb la correlació que tindria amb la resta si s’afegís o s’eliminés un, dos, tres, quatre... anells).

4.2.2.4 Validació

Els resultats obtinguts pel Cofecha mostraren errors en la validació de la datació feta prèviament amb l’ImageJ; a partir d’aquí hi hagué tot un procés exhaustiu per retocar els cores que el programa considerava com a mal datats. Alguns dels errors que es poden haver comès són del tipus:

- Absència d’anells en algun core per causes climàtiques o traumàtiques (sobretot si era un fragment de l’extrem més actual, que provocava el desplaçament de sèrie cronològiques).

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d’Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l’anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

- Pèrdua d’anells per mostres defectuoses (mostres fragmentades).
- Duplicació de mesures o saltar-se anells en mesurar.

Podria ser que en algunes ocasions, quan la correlació entre mostres és baixa, el COFECHA suggereixi solucions incongruents com, per exemple, que cal afegir-hi 10 anells; en aquest cas, un cop revisada la mostra, s’haurà de descartar la rectificació. Finalment, després de tot el procediment explicat, s’obté la datació definitiva de cada mostra (o si més no de la majoria) i ja es podrien contrastar i superposar entre elles – primer els cores d’un mateix arbre, després el resultat de cada arbre amb la resta – per detectar els anys en els quals hi havia un nombre mínimament important de perturbacions que fessin que destaqués sobre la resta, i així poder trobar alguna senyal d’algun esdeveniment del passat.

4.2.3 Datació dels dipòsits fluvials i flux d’esllavissades

Un cop finalitzada la datació i la posterior cross-datació dels cores, ja es pot iniciar amb el que seria la identificació d’alteracions en el creixement de l’arbre per, posteriorment, poder-ho relacionar amb flash floods o debris flows passats a la conca estudiada.

Figura 4.14:

Esquema dels possibles impactes produïts per un debris flow. Les anomalies més comunes degut al fet representat seria el teixit callós acompanyat d’un gran nombre de conductes resinífers traumàtics i de fusta de reacció. Si les

arrels han quedat enterrades (p. e.) poden provocar una supressió del creixement per la dificultat que es troba l’arbre per desenvolupar-se. **Font:** Elaboració pròpia a través de la informació proporcionada per MUNTAN, E.



A continuació es definiran les anomalies que s’han tingut en compte alhora d’analitzar el cores segons l’article de BOLLSCHEWEILER I STOFFEL, 2010 .

FERIDES O TEIXIT CALLÓS (F)	
<p>Senyal d’un fort impacte en vida de l’arbre, el qual s’ha recuperat i ha seguit el seu creixement.</p>	 <p><i>EBPA32Y1 (any 2006)</i></p>
FUSTA DE REACCIÓ (FR)	
<p>Anomenada fusta de compressió en coníferes o de tensió en caducifolis. Resposta de l’arbre quan aquesta ha estat inclinat per algun esdeveniment extern que ha provocat la seva inclinació i intenta posar-se erecte de nou, ja que la vegetació arbustiva té un creixement que segueix un geotropisme negatiu (creix cap al cel), però les seves arrels tenen un geotropisme positiu (direcció al sòl). La podem detectar en un core perquè la fusta primerenca és més fosca del normal i la tardana ocupa la major part de l’anell.</p> <p>Quan aquesta fusta desapareix (normalment ho fa sobtadament) és resultat que l’arbre ja ha aconseguit posar-se dret o perquè l’impacte ha estat massa fort i deixa d’intentar-ho i simplement segueix creixent de forma desviada.</p>	 <p><i>EBPA23W1 (dècada 1990 - 2000)</i></p>
SUPRESSIÓ DEL CREIXEMENT (SC)	
<p>Reducció dràstica del creixement de l’arbre (anells molt estrets) durant un determinat període per condicions desfavorables.</p>	 <p><i>EBPA15N1 (dècada 1910 - 1920)</i></p>



ALLIBERACIÓ DEL CREIXEMENT (AC)	
Descompressió dels anells durant un cert període per condicions més favorables a les habituals (anells més amples). Tant en aquest cas com en l’anterior ben passat aquest període favorable o desfavorable que modificarà el creixement, els anells tornaran a la <i>normalitat</i> , estrenyent-se en el cas d’una alliberació o eixamplant-se en el cas d’una supressió, però en cap moment es podrà qualificar com a tal, sinó que, en principi, els anells tornen a la mesura del creixement inicial de l’arbre.	 <p>EBPA17W1 (dècada 2000 - 2010)</p>
CONDUCTES TRAUMÀTICS RESINÍFERS (TRD)	
Visió d’uns cercles en l’extracció perpendicular del tronc (els conductes segueixen el tronc, per això no es veuen des de la perspectiva de la seva longitud) produïts per algun cop o ferida, cosa que provoca l’obertura de nous canals per la transmissió de la resina.	 <p>EBPA13N1 (anys 2009 - 2010)</p>
ANELLS CARACTERÍSTICS	
Identificació d’anells estrets, amples o amb estius – <i>latewoods</i> – amples o estrets. Es varen identificar amb el mètode Yamaguchi, explicat a l’apartat de “Reconstrucció de testimonis” (4.2.2.1).	<p><i>Imatge figura 4.11</i></p>

Figura 4.15: Taula representativa de les diferents anomalies del creixement dels anells d’un arbre. **Font:** Elaboració pròpia a partir de la teoria proporcionada per MUNTAN, E.

La taula que hi ha a continuació recull els anys amb situacions meteorològiques excepcionals que s’han esmentat en el punt “2.1 Context de l’estudi” relacionant-les amb les diferents anomalies que contenen tots els cores per així poder veure si els arbres de la conca es varen veure afectats, ja sigui per un esdeveniment de caràcter hidrològic com per altres causes. Es seguirà l’exemple de metodologia usada en els resultats de BOLLSCHWEILER, M. I STOFFEL, M., 2010.

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d’Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l’anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

ANYS AMB SITUACIONS METEOROLÒGIQUES EXCEPCIONALS	F	FR	SC	AC	TRD
1834	-	-	-	-	-
1868	-	1	-	-	3
1883	-	-	-	-	2
1886	-	-	-	-	1
1888	-	-	-	-	3
1898	-	-	-	-	2
1915	-	1	-	1	8
1921	1	1	-	-	8
1927 / (26)	1	2	-	-	12
1953	-	-	-	-	11
1956	-	1	-	-	15
1978	-	-	-	-	11
1987	-	1	-	-	12
1990 / (89)	-	-	3	-	26
1993	1	-	1	1	17
1999 / (98)	1	-	2	1	26
2000	-	-	2	-	21
2001	-	-	2	-	13
2002	-	-	1	-	21
2003	-	-	2	-	19
2005	-	1	-	-	31
Total	4	8	13	3	262

Taula 4.16: Nombre d’anomalies representades en totes les mostres per cada possible debris flow. Les sigles F corresponen a ferides, FR a fusta de reacció, SC a supressió del creixement, AC a alliberament del creixement i TRD a conductes resinífers traumàtics. **Font:** Elaboració pròpia basat en la taula 5 de PROCTER, E., et al., 2012., i en la taula 1 de BOLLSCHWEILER, M. i STOFFEL, M., 2010.

- i. A primera vista s’observa clarament que l’anomalia més estesa són els conductes resinífers traumàtics, ja que poden sorgir per una gran diversitat de causes, tot i que en aquest cas es basaria en els possibles impactes de debris flows. Llavors, s’han comptabilitzat tots els arbres que tenien conductes resinífers traumàtics per cadascun d’aquests anys, independentment de si n’hi havia un, dos o deu o si es superposaven o no amb cap altra anomalia.
- ii. En segon lloc s’hi troba la supressió del creixement, que és un tipus de resposta més feble a una situació concreta; és a dir, aquesta normalment sorgeix quan hi ha condicions que li dificulten el creixement, sense aturar-lo del tot. Aquests podrien ser una gran densitat d’espècies arbòries, que no el deixessin expandir-se i fer-se gran, no pogués captar suficients nutrients del sòl o la llum solar, o, fins i tot, que per un debris o algun altre esdeveniment hagués quedat, la part inferior del tronc i arrels, parcialment enterrada (o desenterrada).
- iii. L’alliberació del creixement és la resposta que menys s’ha detectat, ja que no es comptabilitza quan s’acaba un període de supressió i els anells tornen a eixamplar-se

adquirint la mida prèvia a la pertorbació. Normalment representaria una millora en les condicions respecte a les quals es trobava, i l’opció més probable per aconseguir-ho seria a partir de la tala arbòria. Sorprenentment una d’aquestes alliberacions ha passat el 1999, quan es produí la tempesta Lothar, una de les més destructores i quan l’estructura interna dels arbres mostra més pertorbacions en el seu creixement. Observant els resultats que mostra la taula pràcticament es podria considerar com una anomalia anecdòtica de la qual difícilment es pot extreure informació clara.

- iv. La fusta de reacció s’esperava trobar-la en anys amb una gran quantitat de trastorns que correspondrien a situacions de debris o altres esdeveniments que provocaren rastres desfavorables en el creixement dels arbres, però aquest no ha estat el resultat. La fusta de reacció s’ha trobat en els anys que menys anomalies d’altres tipus hi havia, cosa que fa pensar que les situacions meteorològiques que es varen donar en aquell moment o no varen ser suficientment fortes o no varen afectar la regió d’Eistlenbach.
- v. De ferides, l’única que hi havia com a clara és la de l’arbre 32 el 2006 (la hipòtesi més acceptada és que fou produïda per un debris), però no hi és present a la taula perquè d’aquest any no s’ha trobat informació que hi hagués cap tipus de succés que pogués causar pertorbacions en els arbres de la zona. Contràriament, l’any anterior – 2005 – sí que hi varen haver unes fortes tempestes a l’hivern que provocaren impactes en els arbres, quedant registrat com esdeveniment catastròfic.

Vertaderament hi ha hagut molts casos en els quals algun trastorn dels esmentats no estaven situats justament en un dels anys marcats com a possibles esdeveniments, sinó que se situaven un any amunt o, normalment, un any avall. Aquests no s’han tingut en compte a la llista, ja que realment pot ser així, que hi hagués hagut alguna resposta intensa per part de l’arbre en un any en el qual, segons la informació seleccionada, no havia succeït res, però també pot ser molt probable que hi hagi hagut una datació no del tot exacte que hagi provocat un desplaçament dels anys, cosa que fa que les respostes no encaixin a la perfecció amb els successos naturals.

A l’apartat “5. Resultats i 6. Discussió” es podran concretar encara més aquestes dates (o en podrien sorgir de noves perquè no s’exclouen anys, hi ha tota la cronologia). A priori, segons l’anàlisi de la taula, els anys que tenen més probabilitats d’haver sofert algun debris són: 1989 – 1990 (tempestes “Daria” – gener – i “Vivian” – febrer 1990 –), 1998 – 1999 (aquest últim corresponent a la tempesta Lothar – desembre 1999 i gener 2000 –) i el 2005 (forta tempesta hivernal – gener 2005 –) [UNIVERSITY OF READING, 2014].

4.2.4 Aportació a la cartografia morfològica

Aquest apartat es basa en el mapa (p. 59, figura 10.1) realitzat per SCHULTE, L. et al. (2016) en el qual es varen datar els diferents lòbuls i paleocanals del ventall i empremtes de debris flows succeïts en el passat. Aquesta datació fou gràcies a l’extracció de testimonis sedimentològics, els quals permeteren donar un suport físic – a partir del treball de camp – a la documentació d’on s’havia extret la informació dels debris. Es va establir una morfo - estratigrafia genètica de les diverses generacions de relleu que conformen el con d’Eistlenbach. La informació obtinguda es contrastà amb fonts històriques del cadastre de danys causats per avingudes torrencials, inundacions i fluxos d’erosió, a més de registres sedimentaris – flood layers – de sondejos realitzats en conques distals marginals del con al·luvial.

El present treball aporta una informació aproximada que poden tenir els arbres del con al·luvial a partir de la seva datació, ja que poden ser posteriors o anteriors a un debris flow:

- a. **Si són anteriors:** Poden haver quedat afectats per un debris si aquesta ha arribat a impactar-lo. La pertorbació que provoca a l’arbre el xoc serveix per datar l’esdeveniment
- b. **Si són posteriors:** Si han crescut sobre un dipòsit, també es podrà datar l’esdeveniment, tot i que d’una forma menys clara que en el cas anterior. Es pot conèixer el mínim d’anys que fa que va succeir el debris perquè se sabrà que l’arbre té uns anys de vida concrets i, com que aquesta ha crescut sobre els materials sedimentats pel debris, l’esdeveniment ha de ser anterior per força.
- c. També es poden donar casos que un mateix arbre hagi nascut sobre un dipòsit sedimentari i en un altre moment hagi estat impactat per un altre debris que s’ha superposat, totalment o parcialment, al lòbul previ. Si és així, es pot datar el lòbul més antic a partir de l’edat mínima de l’arbre i el lòbul més actual per el possible impacte produït en el seu creixement.

L’aportació a la cartografia han estat les edats de color vermell al costat de cada punt vermell, que representa el número de cada un dels arbres. Es varen extreure dues mostres per arbre, però aquí només hi ha representada l’edat més antiga dels dos cores, encara que en molts casos l’edat més elevada que s’ha obtingut durant la datació visual no correspon amb l’obtinguda a partir de l’ImageJ, ja que hi havien fragments trencats que no permetien continuar amb la validació (per aquesta raó normalment l’edat manual és més elevada que l’automàtica).

En el mapa s’observen entre 4 i 5 gran dipòsits fluvials – dels quals dos estan datats – pels quals s’estenen els arbres escollits per ser sondejats:

- A la part nord - occidental del con, just a l’extrem septentrional de l’estructura de mitigació.
- A l’est del ventall, per on circula actualment el torrent, datat del 1959.
- Resseguint l’estructura de mitigació pel costat est s’observen dos lòbuls (encaixats entre aquesta infraestructura i el canal), un dels quals està datat d’abans del 1929 i l’altre, sense datar, s’intueix que és el més antic de tots. Al costat oest del lòbul pre1927 sembla haver-hi un altre lòbul també molt antic que, possiblement, sigui el mateix que el que està sense datar, tot i que no hi ha cap tipus de confirmació ni es podrà contrastar en el present treball.
- Finalment, hi ha un petit lòbul que es situa a l’extrem sud que sembla ser una reactivació del canal que sedimentà materials més enllà del gran dipòsit d’abans del 1927.

A la part sud del ventall s’hi localitzen els arbres amb una edat mínima més elevada, cosa que en un principi, ja reafirmaria les edats dels lòbuls. Tal com s’ha esmentat, el lòbul no datat d’aquesta àrea és, mínimament, anterior el 1819, que és l’edat més antiga extreta de les mostres (arbre 26). Llavors, abans del 1927 (no es coneix amb exactitud quan va succeir) un altre debris flow es va produir a la mateixa àrea, superposant-se i formant un nou bosc que han nascut en un substrat més actual. És per això que les edats del pre1927 són una mica més joves que les de l’altre grup. Per acabar la part inferior, el petit dipòsit que més sobresurt és una reactivació dels fets del 1939 [SCHULTE, L, COMUNICACIÓ ORAL, 2017]. D’aquesta petita zona s’extreu que els arbres 23

i 24 són posteriors a l’esdeveniment, però el 21, 22 i 25 (til·ler) són previs a aquest any; a més, es pot concretar el til·ler, del 1927, va sobreviure al debris flow, ja que es troba a la llera del paleo – canal (els altres dos estan més al marge i, en el cas que hagués estat un succés no de gran magnitud, no haurien rebut cap impacte).

L’esdeveniment del 1959 [SCHULTE, L, COMUNICACIÓ ORAL, 2017] va provocar un petit canvi de traçat del canal principal – la seva direcció era la sud, cap al lòbul pre1927 – redreçant-lo cap a la posició actual. L’arbre 32, la secció, se situa dintre l’estructura de mitigació i té una edat d’aproximadament 20 anys, el que significa que va patir directament el debris flow (és l’única mostra que té un impacte clar), però pel motiu que sigui, no el va derrocar. És una àrea on no hi ha molta densitat arbòria i els arbres són bastant joves, el que faria pensar que el succés d’aquell any va arrasar tot l’entorn, havent-hi ara poques possibilitats per obtenir informació a partir de la dendrocronologia.

Els arbres 12 (*Pinus sylvestris*) i 13, situats just al costat oest de l’estructura de defensa, mostra com aquesta mesura ha funcionat prou bé perquè tenen edats suficientment antigues (112 i 135 anys, respectivament); la mateixa situació passa en els arbres al voltant del torrent canalitzat, que ja hi eren quan hi va haver el succés del 1959. A la part inferior de l’actual torrent, en una àrea sense cap lòbul estimat en una primera anàlisi, hi ha una gran variabilitat d’edats dels arbres, el que podria indicar que és una zona de tala selectiva. Normalment és a les zones més properes als nuclis de població o a cases amb hectàrees forestals dintre la seva propietat on s’explota més el bosc – sigui per part del propietari o de l’Estat o algun organisme oficial – per la facilitat d’accés, de l’acció de talar els arbres i pel transport posterior en comparació amb parts més elevades de la conca.

Finalment, el lòbul situat a la part més elevada (occidental) té unes edats bastant antigues, ja que, tot i no estar datat, hi ha arbres anteriors el 1800 com és el 4 (1843, 173 anys). Veritablement era una àrea de la qual s’esperaven edats encara més antigues, i és per aquest motiu que es considera afectada per la dinàmica forestal (silvicultura). És a dir, s’han obtingut edats dels arbres mostrejats properes als 200 anys però es coneix que hi ha dipòsits de fins a 400 anys d’antiguitat; encara que la diferència entre les datacions dels testimonis sedimentològics i dels dendrocronològics sigui alta, en 200 anys de vida hi ha hagut temps suficient perquè aquests arbres hagin estat afectats tant per la tala com per fenòmens hidrològics com d’altres tipus.

Altres mostres que es poden observar en el mapa és a l’extrem oriental l’arbre 33, que no es creu que estigui afectat per l’esdeveniment del 1959, ja que era una àrea amb arbres molt dispersos que semblaven afectats per activitats de l’home (plantacions per una posterior tala). Just a l’altre extrem del con – meitat oest – hi ha marcats quatre punts vermells sobre un lòbul de 138, 122 i 146 anys que són troncs tallats d’arbres en els quals se’ls hi varen comptar els anells; el que està marcat com a 10 i com a 16 (una mica més a l’interior del con) són arbres que simplement se’ls va mesurar el diàmetre.

Per concloure l’apartat, repetir una altra vegada que les edats dendrocronològiques són aproximades – per errors que ja s’han comentat – i probablement a moltes d’elles se’ls hi hauria de sumar uns 10 anys més d’antiguitat; tot i això, en la gran majoria de casos la dendrocronologia ha afirmat la morfo - estratigrafia del con i els resultats històrics. A més, ja s’haurien complert

dos dels objectius proposats: la determinació de les edats dels arbres i l’atribució d’una edat – aproximada – als dipòsits al·luvials a partir de la dendrocronologia. També s’ha vist superficialment que a part de l’arbre 32, n’hi ha algun altre que té moltes probabilitats d’haver patit un debri (aporta informació per les perturbacions de l’impacte) i d’altres que en proporcionen perquè han crescut sobre un lòbul sedimentari.

5. Resultats

5.1 Resultats de la datació

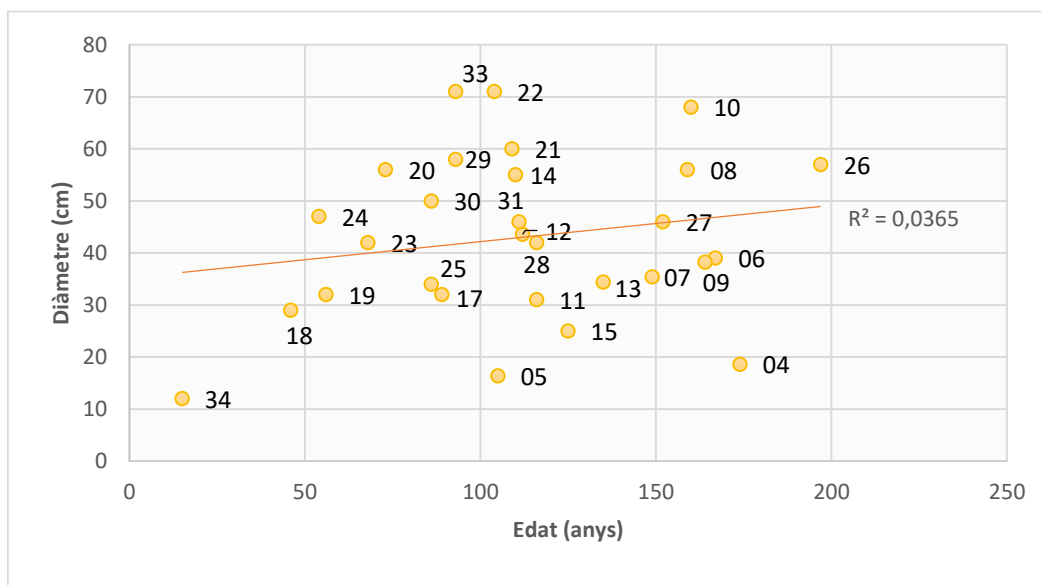
La taula del “Mostreig dendrocronològic CH – Juliol 2016 Eistlenbach” que es troba a l’annex (taula 10.2, p. 60) és un gran resum dels resultats i característiques obtingudes per cada core. A l’esquerra de la línia vertical hi ha les dades (amb la codificació que se li atorgà en un primer moment) que es prengueren al camp, en el moment del sondeig. A l’altre costat, hi ha la codificació final, la datació visual obtinguda i la validació de la datació realitzada pel COFECHA, per així poder veure les diferències d’anys entre els dos processos. En la columna de la datació visual es pot veure algun període temporal que es podria qualificar d’estrany, com és el cas de les mostres de l’arbre 07: primer s’escribia des del 2016 (anell que pertany a l’any del mostreig) fins a l’any que es podia datar sense cap interrupció (fragmentació del core, anells girats, mala reconstrucció de la mostra...) i després dels dos guions apareix un altre any entre parèntesis que és fins a l’altre extrem o la medul·la del core, encara que es trobi en males condicions, perquè així es podrà conèixer quina és l’edat mínima de la mostra. Evidentment, a l’hora de mesurar-ho amb l’ImageJ, no es podien fer aquests trossos (hauria sortit una molt mala correlació), però sí que es podia mesurar tota la part que encara es trobava prou sencera i sense fractures que dividissin la mostra. L’última columna, anomenada com a “Punt final”, vol mostrar en quins errors són els comesos alhora de l’extracció, ja que quan hi apareix “medul·la” significa que l’extracció ha arribat a l’alçada del centre però està una mica desplaçada, i quan hi apareix “totalitat core” és que o no s’ha arribat a l’alçada de la medul·la o el core està totalment desviat i ni s’intueix el centre. Per acabar la descripció de la taula, en “Observacions” hi ha alguna anotació que fa referències a mostres que, pel fet de ser tan llargues, s’havien de transportar separatament però formaven part d’una mateixa extracció.

En la majoria de casos, la datació visual és superior a la seva validació perquè, tal com s’ha explicat al paràgraf superior, el recompte era fins al final, sense importar els trencaments que hi haguera pel mig. En aquests casos mai se sabia l’edat total de l’arbre, ja que hi podien faltar un nombre variable d’anells que podien estar totalment destruïts i no es podia clarificar si n’hi havia un dos, o els que fos, o també hi havia la possibilitat que s’haguessin extraviat durant l’extracció de la mostra. Es podria dir que si la datació i el procés amb l’ImageJ han estat correctes, aquest últim sempre serà un any més jove, perquè l’anell més antic no es mesurava per estar, en la majoria de casos, trencat pel mig (no té el latewood i l’earlywood sencers) i la seva mesura amb el programa seria irreal.

5.2 Resultats dendrocronològics

En aquest subapartat s’exposaran les quatre gràfiques finals que són la síntesi de tot el procés explicat anteriorment; en el punt 6 s’interpretaran les dades resultants en relació a la informació proporcionada per SCHULTE, L. (2017).

Amb l’ajuda de la gràfica 5.1 s’ha pogut comprovar que la relació que hi pot haver-hi entre el diàmetre del tronc d’un arbre i la seva edat és baixa, el que significa que hi ha poca covariància entre les dues dades. Per realitzar-la, no s’han utilitzat els cores, ja que n’hi ha molts i provocarien soroll cartogràfic, sinó que s’ha escollit l’edat més elevada de les dues mostres de cada arbre amb el diàmetre que li corresponia. Com es pot observar, hi ha una gran varietat de diàmetres i anys en tots els arbres mostrejats, però són pocs que mostren una relació directa entre aquestes dues característiques. La part inferior esquerra hi ha l’arbre 34, que és un clar exemple de correlació positiva, ja que un diàmetre troncal baix significa pocs anys de vida; per la part superior de la gràfica (arbres 33, 22 i 10) també es demostra aquest fet, però en sentit contrari, ja que un diàmetre força gran del tronc és que hi ha molts anells (cada un representa un any de vida). De la resta – que són la majoria – no se’ls pot extreure una conclusió clara perquè simplement demostren el perquè el coeficient de determinació és tan baix. Aquests resultats poden significar que hi ha una gran quantitat de factors que entren en joc a l’hora de determinar la grandària del tronc amb l’edat de l’arbre; aquests, per anomenar-los (s’explicarà més extensament a la “Discussió”), poden ser naturals (condicions favorables o desfavorables) o antròpics (explotació arbòria).



Gràfica 5.1: Relació del diàmetre de la circumferència troncal amb l’edat de cada arbre. **Font:** Elaboració pròpia a partir dels resultats obtinguts a partir del procés explicat a l’apartat 4.2 Dendrocronologia

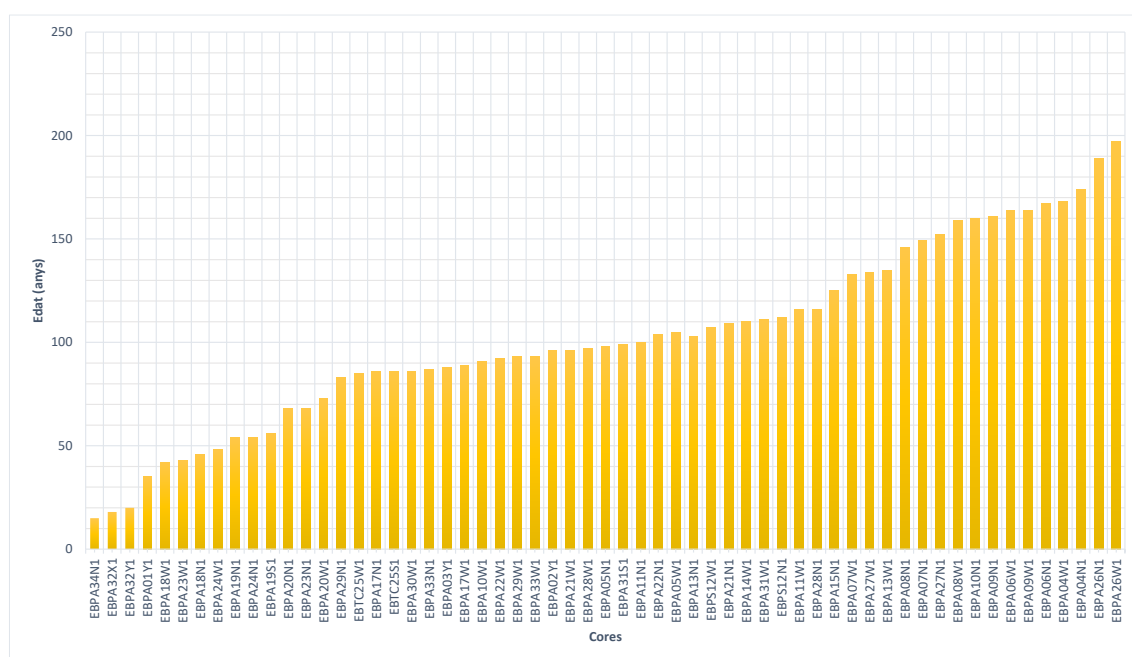
A la següent gràfica (figura 5.2) es pot veure tots els cores amb els anys de vida que tenen. Van des dels 197 anys (EBPA26W1) fins als 15 del EBPA34N1, sent aquest últim un arbre amb una forta correlació diàmetre – edat en comparació amb el primer que, sense tenir un dels troncs més grossos (entre 50 i 57 cm de diàmetre), és el més vell de tots. Ara mirant la gràfica globalment, s’extreu una conclusió: de les 59 mostres que hi ha, 42 han nascut en el segle XX (tenint el compte l’edat mínima obtinguda en la datació visual) i 17 durant el segle XIX; és a dir, un 71’18% són posteriors a 1900, i el 28’18% restant varen néixer durant el 1800. És cert que en la majoria de casos no s’ha pogut mostrejar segons el mètode establert per a dendrocronologia (error d’alçada, quedar-se curt i passar-se de llarg), cosa que ha provocat una pèrdua d’anells, però tot i això aquests percentatges no varien gaire perquè la diferència entre els dos grups és

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d’Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l’anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

molt gran. Vertaderament, hauria interessat poder conèixer més la dinàmica fluvial del segle XIX a partir de la dendrocronologia i així poder concretar els resultats del MONTEBUBIO, G. et al. (2016), ja que com més enllà en el temps es vulgui estudiar, menys informació – o més difícil d’adquirir – hi haurà.

La forma general de la gràfica resulta interessant, perquè, subtilment, hi ha com tres estancaments de les edats dels individus (coincidència en l’edat mínima datada, *platos*). Tornant al comentari anterior, aquest fet significaria que tots han estat afectats, en menor o major mesura, per un mateix procés, que tant pot ser de la mateixa naturalesa com portat a terme per l’home. Tres grans *platos* es poden detectar, comprnent els següents cores:

- EBPA18W1 – EBPA19S1
- EBTC25W1 – EBPA28N1
- EBPA08W1 – EBPA04W1



Gràfica 5.2: Edats de les mostres ordenades de menor a major. **Font:** Elaboració pròpia a partir dels resultats obtinguts a partir del procés explicat a l’apartat 4.2 Dendrocronologia

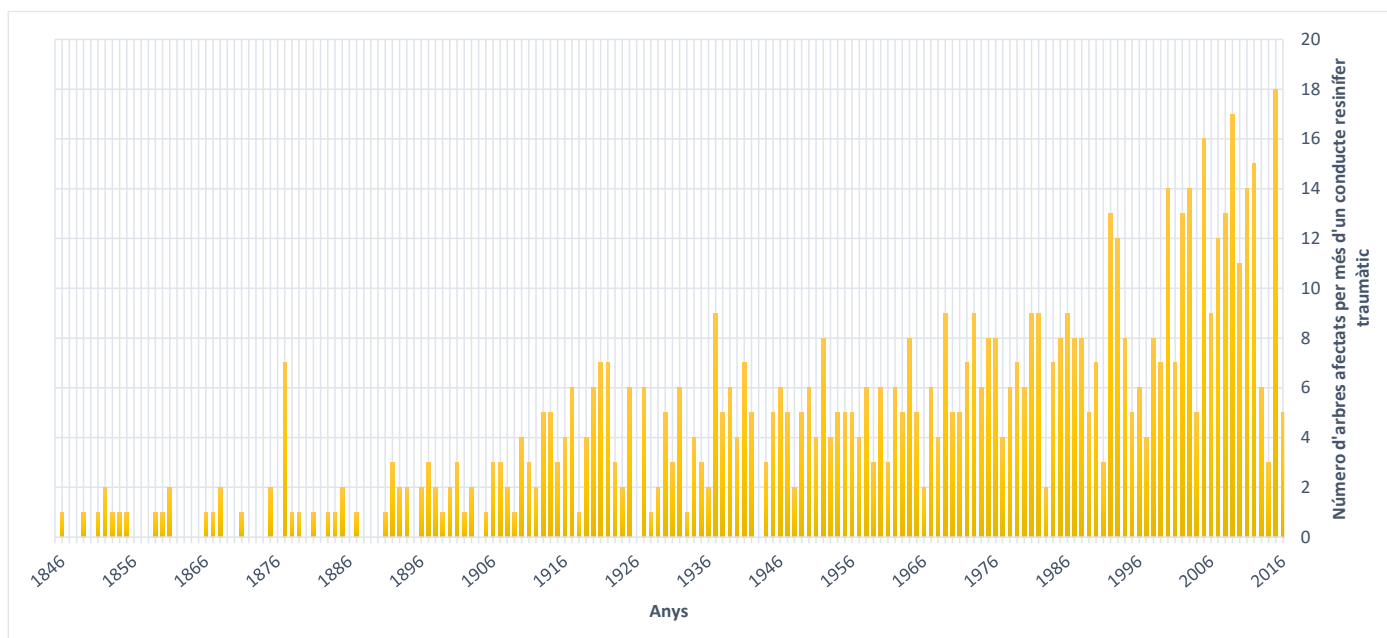
La tercera gràfica se centra en els conductes resinífers traumàtics. Són un tipus de pertorbació en el creixement arbori que semblen produïts per forts successos, que tant poden ser un impacte (de caràcter natural o antròpic) com canvis en el mateix ambient (sequeres); també existeix la possibilitat, segons STOFFEL, M. (2008), que aquests conductes es formin per l’atac d’insectes, cosa que podria portar a confusió a l’hora d’analitzar-los. Per aquest motiu, en el moment de realitzar el mapa s’han descartat els arbres que només tenien un sol conducte resinífer traumàtic en un any concret, ja que es podria considerar com a nul·la una reacció tan minsa.

Les mostres de l’arbre 25 i del 12 no s’han tingut en compte (*Tilia cordata* i *Pinus sylvestris*) perquè, tal com s’ha argumentat a l’apartat “4.1 Ecologia de l’espècie”, tenen conductes resinífers de forma habitual i, si no s’és un expert, és molt complicat distingir els que són causats per un traumatisme dels que no. A cada any hi ha representat el nombre d’arbres – no cores – que tenen més d’un conducte resinífer traumàtic. Aquesta gràfica està alterada per un fet molt

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d’Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l’anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

senzill, i és que pràcticament tots els arbres arriben fins a l’any 1950 però molts d’ells ja no aconsegueixen arribar al 1900; això provoca un impacte visual que fa creure que durant el mig segle més actual hi hagi hagut molts episodis que pertorbessin als arbres i modifiqués, temporalment, la dinàmica fluvial d’Eistlenbach i el seu con. El mateix passa amb les gràfiques que hi ha a continuació, que també es basen en el nombre de perturbacions per any; malauradament, les extraccions realitzades no poden aportar dades a aquest buit temporal amb claredat.

La gràfica de la mitjana mòbil per cada 5 s’ha representat perquè mostra amb més claredat quins són els punts àlgics dels períodes amb més freqüència d’esdeveniments. Aquests cicles de debris i inundacions es veuen representats de forma més general per la mitjana que fa de les dues dades anteriors i les dues posteriors, representant de forma més expressiva – a l’engròs o a la menuda – anys catastròfics. Un exemple seria la primera pulsació (poc abans del 1880), que en el cas de la gràfica 5.4 sembla molt més potent que a la 5.3, que mostra com és el 1877 el que té 7 arbres amb conductes resiníferes, mentre que la resta està molt per sota en nombre d’arbres afectats.

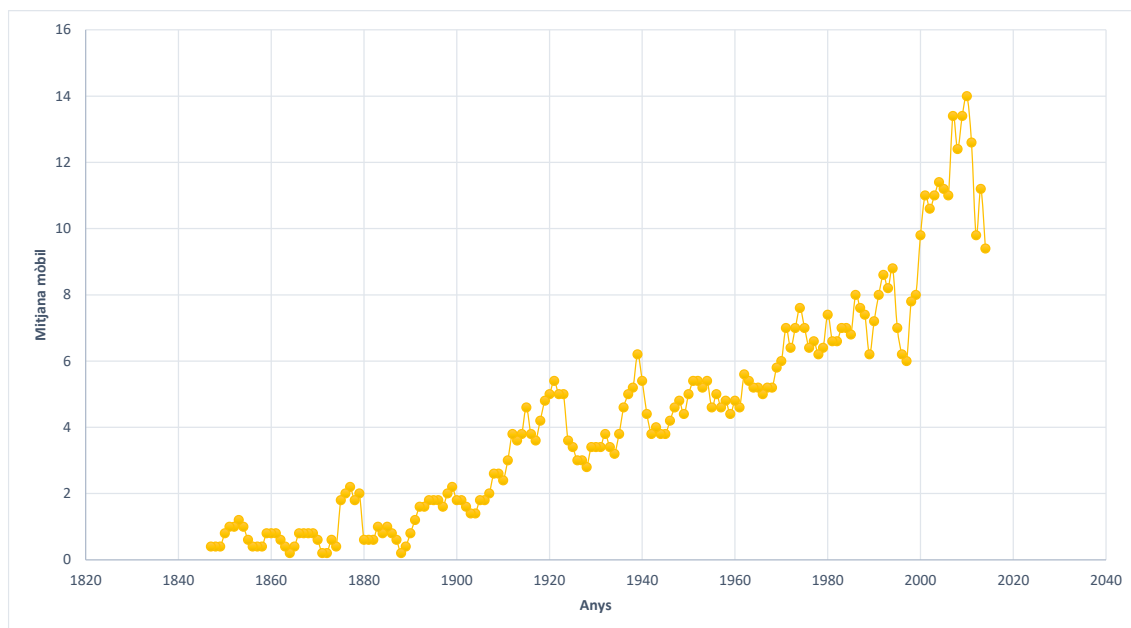


Gràfica 5.3: Nombre d’arbres amb més d’un conducte resinífer traumàtic per any.

Font: Elaboració pròpia a partir dels resultats obtinguts a partir del procés explicat a l’apartat 4.2

Dendrocronologia

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d’Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l’anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

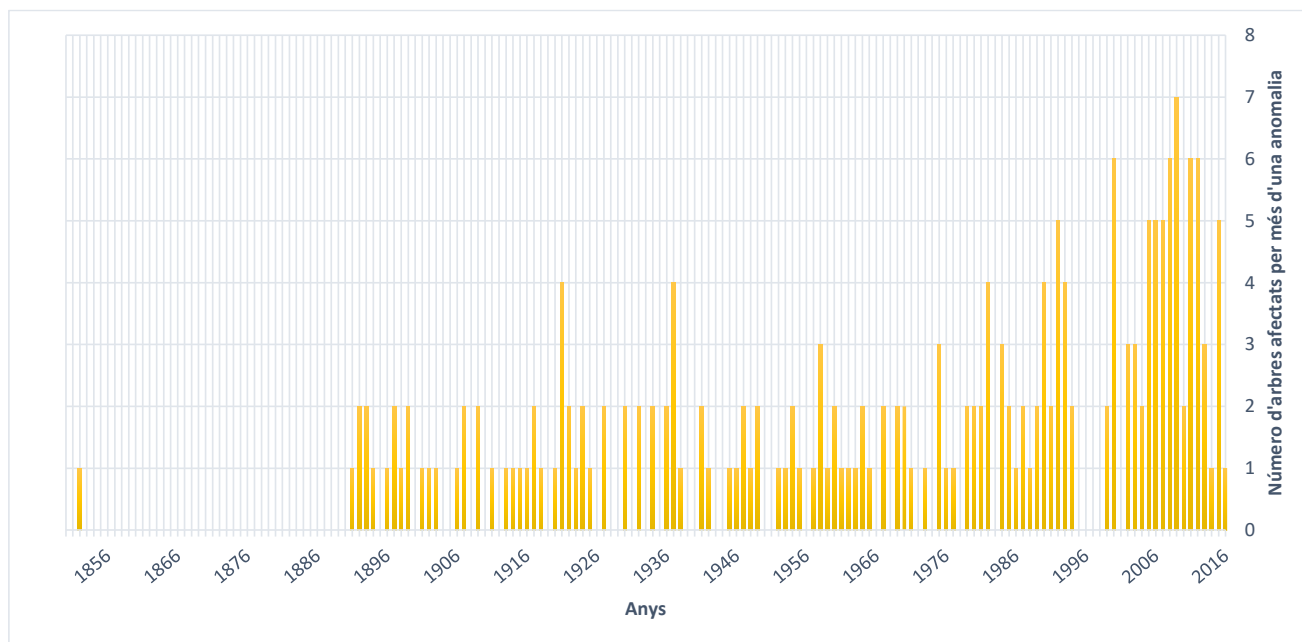


Gràfica 5.4: Mitjana mòbil (cada 5 anys) del nombre d’arbres amb més d’un conducte resinífer traumàtic per any. **Font:** *Elaboració pròpia a partir dels resultats obtinguts a partir del procés explicat a l’apartat 4.2 Dendrocronologia*

La figura 5.5 representa el nombre d’arbres que en un any hi coincideixen més d’una pertorbació, ja sigui ferida, fusta de reacció, supressió o alliberament del creixement o els conductes resinífers traumàtics. El procés per obtenir aquesta gràfica ha estat superposar els cores d’un mateix individu per extreure el conjunt d’anomalies existents en un mateix any com a arbre; és a dir, intentar captar totes les pertorbacions que ha sofert l’arbre a partir dels sondejors. Seguidament, s’han ajuntat tots els arbres en una mateixa taula per obtenir quins han estat els anys definitius amb més impactes, i així poder comparar els episodis de tempestes anomenats al principi del treball amb les afectacions en una mostra representativa del bosc sobre el con al·luvial d’Eistlenbach. A primer cop d’ull es pot veure com s’ha reduït notablement el nombre de columnes en comparació a l’anterior gràfica; això és perquè a la 5.3/4 es sumaven tots els conductes resinífers i s’afegien al recompte final. En aquesta s’ha pretès acotar aquest nombre d’anys que destacaven en nombre d’arbres amb més d’un conducte resinífer, i és per això que han desaparegut molts d’aquests anys que, per molts conductes traumàtics que hi

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d’Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l’anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

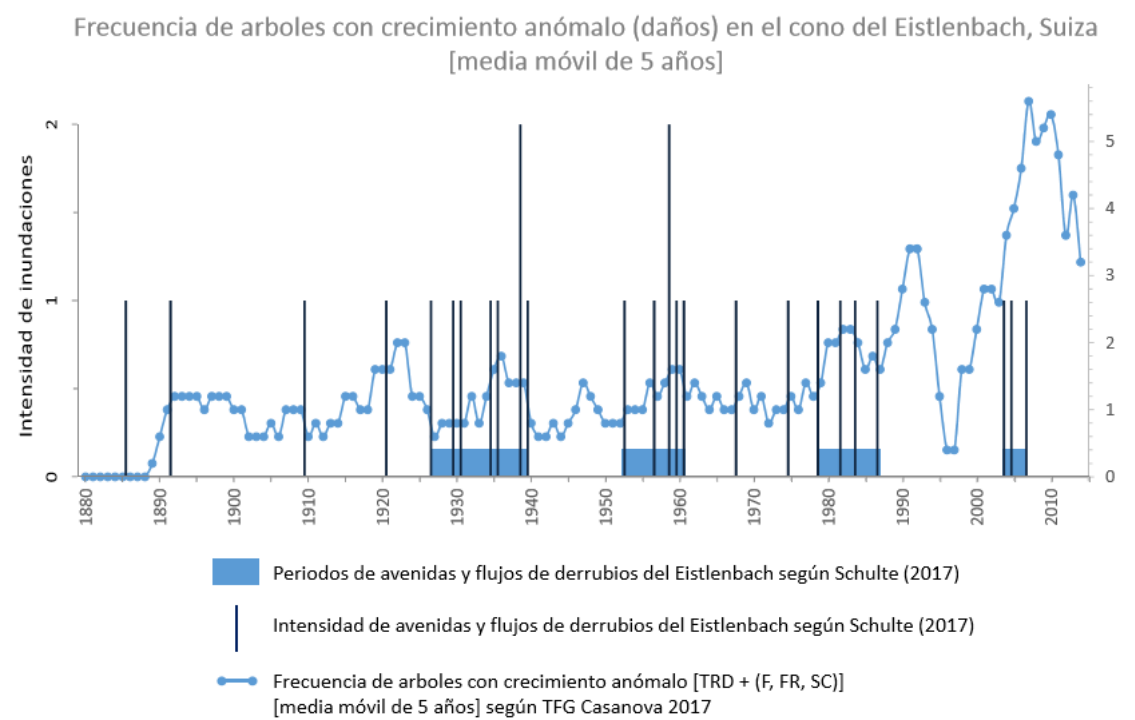
hagués, si no anaven acompanyats d’alguna altra pertorbació, es descartaven. Així es reduïa la llista dels anys que han causat més pertorbacions en els arbres.



Gràfica 5.5: Nombre d’arbres afectats per més d’una anomalia per any. **Font:**
Elaboració pròpia a partir dels resultats obtinguts a partir del procés explicat a l’apartat 4.2
Dendrocronologia

L’última de les gràfiques, també discutida a l’apartat 6, posa en relació les dades obtingudes per la datació i anàlisi de les mostres amb la informació d’altres estudis realitzats per SCHULTE, L. És en aquest moment on s’uneixen els resultats aconseguits per la dendrocronologia i els aconseguits pels testimonis sedimentològics que, globalment, s’han de contrastar amb la informació històrica que afecta el con d’Eistlenbach. Tot això, com ja es comentarà en els següents apartats, no s’analitzarà en aquest treball, ja que aquí es fa un breu i superficial estudi sobre la geomorfologia del ventall que pretén obrir noves línies d’investigació per les investigacions que li seguiran.

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d’Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l’anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).



Gràfica 5.6: Freqüència d’arbres amb creixement anòmal al con d’Eistlenbach en comparació amb els períodes d’avingudes i debris flows. **Font:** Gràfica i dades cedides per cortesia de Schulte, L. (2017).

5.3 Resultats globals

En aquest últim subapartat es demostrarà si els arbres han vist afectat el seu creixement per alguna de les tempestes – que potser han provocat debris i altres esdeveniments al llarg del territori suís – que s’esmenten a l’apartat “2.1 Context de l’estudi”. Primer de tot es presentarà una taula per recordar quins eren aquests possibles successos, i a partir d’aquí s’analitzarà si hi ha algun tipus de relació basant-se en les taules de l’apartat 5.2 però sense interpretar-les, que formarà part de la discussió.

ANYS AMB SITUACIONS METEOROLÒGIQUES EXCEPCIONALS AMB POSSIBLES ESDEVENIMENTS CATASTRÒFICS
1834
1868
1883
1886
1888
1898
1915
1921
1926 / 27
1953
1956
1978
1987

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d’Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l’anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

1989 / 90
1993
1998 / 99
2000
2001
2002
2003
2005
2009
2015

Taula 5.8: Resum de situacions meteorològiques que varen (o poden) haver produït esdeveniments catastròfics a la conca d’Eistlenbach. **Font:** Elaboració pròpia a partir de la recerca de diverses fonts.

Altres possibles successos com els del 1624, 1748, 1797 i 1804 no s’han afegit a la taula perquè els cores són insuficientment llargs per poder comprovar si els arbres ho patiren. El criteri que s’usarà per comprovar l’afectació d’aquestes situacions meteorològiques són les diverses anomalies detectades en el conjunt dels arbres. Tornar a repetir que hi pot haver la probabilitat que gran part de les pertorbacions no coincideixin exactament amb l’any que especifica la documentació històrica, sinó que estiguin desplaçades un o dos anys amunt o avall. Si en algun moment succeís això, no es podria descartar la possibilitat que hi hagués un error en la datació que provoqués un desquadrament de les dades, ja que ni la datació visual ni la validació assegura al 100% un recompte de l’edat verídica.

Començant més per l’actualitat hi ha l’any 2015 i 2009; són dos episodis que no s’esmentaven en la documentació analitzada (sigui per la proximitat el present o per altres raons), però són els dos anys amb una major acumulació de pertorbacions, cosa que porta a una recerca més específica. Sense trobar informació molt exhaustiva, alguns diaris informen d’una pedregada el juliol del 2009 i d’un temporal de vent i fortes precipitacions a finals del març del 2015 que afectà amb grans inundacions tant Europa central i de l’est com la regió de l’Oberland Bernès [SWI, 2015]. Sembla que aquesta situació meteorològica va provocar una devastació general a moltes valls del país, inundant pobles i ciutats i emportant-se, parcialment, moltes infraestructures. Una de les comunes més afectades fou Brienz, pel debris flow ocorregut a la conca de Glyssibach (a pocs quilòmetres d’Eistlenbach); llavors, tot i que no es pot assegurar completament, hi ha una alta probabilitat que el torrent analitzat en aquest treball també en sofrís, tot i que no en la mateixa mesura ni intensitat perquè sinó els danys en l’estructura interna de l’arbre haguessin estat molt més severos (els arbres externament tindrien ferides o teixit callós). A RICKENMAN, D. I KOSCHNI, A., 2010 apareixen les dades d’aquest esdeveniment per la conca d’Eistlenbach: una càrrega de sediments de 5000 m³, amb un volum de precipitació d’1103248 m³ segons els indicadors de pluja i un escolament superficial de 761241 m³, entre d’altres. Els casos del 2003, 2002 i 2001 no sembla que hi hagi cap índex de debris flows (almenys a l’àrea d’estudi), ja que els danys no són del tot destacats, a més que a la informació contrastada per SCHULTE no hi ha considerats aquests anys, però sí el 2004 (error en la datació?). En el cas del 1999 amb la tempesta Lothar les gràfiques no mostren grans pertorbacions per aquest any ni per l’anterior, però sí que el 2000 és un dels anys amb més trastorns, cosa que podria significar que els traumatismes rebuts haguessin aparegut a l’any següent. Un altre any del qual també s’esmenta

que hi ha hagut gran quantitat de debris és el 1987, però sembla que en els arbres mostrejats no hi ha suficient informació per poder-ho corroborar; es troba en la mateixa situació que el 1978. Contràriament, la informació proporcionada per SCHULTE assenyala aquests dos anys per haver-hi hagut algun succés hídic. El següent que té una posició destacada dintre la gràfica és el 1921, tot i que no hi ha gaire informació que descriu sobre el grau d’importància que tingué. Des d’aquest punt fins als successos més antics (inclosos tots els del segle XIX) no hi ha cap indicador a la gràfica que pugui fer sospitar que algun esdeveniment podria haver afectat la zona de forma més o menys severa; una de les causes, com ja s’ha esmentat, és que hi ha poques mostres que arribin a aquesta edat, cosa que provoca una incertesa que no deixa fer-ne una anàlisi mínimament profund.

En el següent apartat es deixarà a part la descripció de les gràfiques que ja s’ha realitzat aquí i la comprovació de si els anys més afectats per perturbacions coincideixen amb els anys descrits per la bibliografia utilitzada en els quals hi varen haver tempestes de gran envergadura que, si més no, provocaren debris, avingudes i inundacions a altres parts de Suïssa. L’apartat 6 aprofundirà sobre els successos que sí afectaren de forma severa la conca (1939 i 1959), sobre el per què a les gràfiques han quedat o no registrats i per què altres anys en els quals no hi ha cap esdeveniment hídic documentat apareixen un cert nombre d’arbres molt danyats.

6. Discussió

Una de les característiques que prevalien a l’hora d’escollir un arbre per ser datat, a part de la localització (prop de dipòsits sedimentaris i paleo - canals) i l’aparença externa, era la mida del tronc; és a dir, hi va haver una selecció positiva dels troncs de més diàmetre per part dels autors dels sondejors, bàsicament perquè la hipòtesi de la qual es partia era que com més gros fos el tronc, més vell seria l’arbre. Els arbres que tenien més bona correlació a la gràfica 5.1 eren el 33 (93 anys per 71 cm de diàmetre), el 22 (104 anys per 71 cm) i el 10 (160 anys per 68 de diàmetre). Cada un se situa a una part diferent del ventall, ja que el primer forma part del grup d’arbres a la banda oriental del canal d’Eistlenbach – dels quals només hi ha aquest mostrejat – i que es desconeix si ha estat afectat pel debris del 1959, el segon està localitzat en el petit lòbul que es va formar a partir dels successos del 1939 (a l’extrem sud), i finalment el 10 que forma part de l’agrupació de la part mitjana – alta del con. Es pot veure com en espais reduïts hi ha una gran variabilitat ambiental, cosa que provoca que una agrupació d’arbres (com és el cas dels que es troben més al nord) tinguin correlacions diàmetre – edat molt diverses. Una de les causes podria ser la proximitat a un curs fluvial – són clars exemples els arbres 10 i 22 – perquè no patirien estrès hídic i això els hi permetria, si cap altre factor els condicionés, tenir una llarga vida; també hi ha arbres amb molts anys de vida però ser molt estrets, ja que les condicions en les quals es troben no són gens favorables i crea anells pràcticament microscòpics o absents (arbre 04 amb 174 anys i 18’6 cm de diàmetre). Com es veu, no és una hipòtesi totalment clara perquè existeix la situació contrària, on un arbre que gaudeixi d’unes condicions com la de tenir molta aigua al seu abast pot produir anells molt amples que augmentaran la mida del tronc sense ser molt vell. En el lòbul més elevat, exceptuant l’arbre número 10, els arbres tenen un diàmetre del tronc generalment petit, tot i que unes edats que es podrien considerar com a força elevades, ja que tots superen els 100. L’agrupació arbòria de l’extrem sud sembla tenir arbres amb un diàmetre molt més ample i amb unes edats tampoc molt joves, ja que es troben al voltant dels 100 anys, amb el número 26 que pràcticament té dues centenes.

Ja s’ha comentat a les línies superiors que, tot i que els arbres estan afectats per unes mateixes condicions climàtiques, hi ha una varietat en el medi més local per factors com és estar al marge d’un canal o situar-se més apartat (llavors hi entren en joc altres esdeveniments no relacionats amb l’aigua), la profunditat i la porositat del sòl... o factors antròpics com és la selecció d’arbres per ser talats. Segons l’objectiu final de l’organisme que porti a terme la tala, els individus que interessin són uns o altres. En el cas que es vulgui adquirir matèria primera per la indústria de la fusteria se seleccionen arbres externament sense imperfeccions, de grans mides i que no siguin molt vells, ja que la fusta perd qualitat i resistència amb el pas del temps; si és per ús propi (llenya) no es coneix un criteri molt clar, sinó que potser aprofiten que han de talar arbres per fer-ne una neteja i alliberar certes zones amb una gran densitat d’espècies que es molesten les unes amb les altres.

La silvicultura ha estat un recurs econòmic molt important a la zona; aquesta activitat no només es pot observar en les anomalies dels arbres (taula 4.16), sinó també en les seves edats, ja que hi ha un conjunt, força important, d’arbres que voregen uns mateixos anys de vida, formant el que s’anomenen *platos* (figura 5.2). Aquests *platos* podrien demostrar que els arbres més vells hagin estat usats per la silvicultura i que els joves, que en aquell moment eren els que formaven part d’aquestes franges rectilínies de la gràfica, s’haguessin deixat que creixessin per una futura tala; així, al mateix temps, es rejuvenia el bosc. Aquesta tradicional explotació de boscos va arribar en un punt en el qual suposava un increment de la probabilitat de patir un risc natural i, en el cas que esdevingués, que el succés fos molt més catastròfic. Tal com cita la THOELE, A. A LA SWI (2011) <“*Los árboles sostienen las piedras y la nieve durante las avalanchas. También la tierra en caso de lluvias*”, explica Patrik Steinmann, estudiante de manejo forestal de la Escuela Superior de Agricultura de Zollikofen, en el cantón de Berna. “*También retiramos árboles viejos en las pendientes para evitar que rueden montaña abajo y para dejar el paisaje perfecto, como esperan los turistas de nuestro país*”, agrega.> [<https://www.swissinfo.ch/spa/sociedad/bosques-suizos--protegerlos-para-sobrevivir/30967246>]. Entre els anys 80 i 90 es produí una inflexió i es va començar el procés invers, a repoblar les vessants, per evitar la forta erosió que patia el sòl quan plovia, a l’hivern amb les nevades i glaçades, etc. provocant una major inestabilitat de les mateixes vessants.

La protecció del bosc es basava més en les parts més altes de la conca, però aquest fet no canviava la situació de la població, que continuava necessitant fusta per usos personals, comercials o econòmics que, o s’exportava de l’exterior, o s’extreia de la part inferior del con. Els dos processos portats a terme – tant la desforestació com el repoblament – provoquen l’homogeneïtzació de les edats dels arbres, ja sigui perquè deixa en el bosc els més joves i utilitza els més vells com perquè els plantats són tenen els mateixos anys i creixen conjuntament. El segon *plato* que es representa a la gràfica 5.2 – comprèn, aproximadament, des del EBTC25W1 fins a l’EBPA28N1 –, conté majoritàriament arbres de la part inferior del con, el que es podria relacionar amb aquesta protecció del bosc a la part alta sumat a un fàcil accés de la part més propera als nuclis urbans. L’edat mitjana d’aquests cores és d’uns 98 anys, el que porta al 1918, en plena Primera Guerra Mundial si es té en compte la possible pèrdua d’anys durant la datació. Suïssa, durant les dues guerres mundials es mantingué en estat de neutralitat, cosa que la feia ser un territori de gran interès per part dels dos bàndols, tant per motius diplomàtics, de refugi com comercials. Hi havia una gran demanda de fusta (i altra matèria prima) per gran part

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d’Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l’anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

d’Europa, el que provocà canvis en els usos del sòl per la gran exportació que se’n feia cap a la resta del continent; al mateix temps també estava sola, sense aliats perquè no s’implicava militarment, sent la importació d’aliments una opció no viable, el que comportà una extensió de les àrees destinades a l’agricultura. Aquests fets reafirmen la hipòtesi de la desforestació de molts boscos suïssos. Actualment, tal com ha esmentat s’ha citat a la SWI (2011) a les línies superiors, el turisme que rep Suïssa i els nous residents també se sumen a l’augment de la demanda de fusta, que proporciona una certa estabilitat en aquest tipus d’activitat econòmica.

Els esdeveniments del 1939 i el 1959 (assenyalats al mapa de l’apartat d’“Aportació a la cartografia morfològica”) són els que varen provocar els canvis més importants a la conca, ja que el primer sembla que reactivà el canal per on circulava prèviament (direcció sud) formant el petit lòbul que sobresurt del dipòsit pre1927, i el segon va suscitar el canvi de direcció definitiu del canal cap a l’est del ventall. Si s’analitza la figura 5.3, es detecta que el 1939 encara destaca una mica (6 arbres afectats), però el del 1959, només amb 3 arbres per més d’un conducte resinífer, no sobresurt ni en comparació amb les anomalies dels anys més propers. La raó d’aquest fet és que el major impacte per aquest fet fos a la zona del canal actual i, tal com s’ha esmentat, si hagués estat molt fort, podria haver destruït els arbres de l’entorn més pròxim, sobrevisquin-ne molt pocs – que tindrien impacte, com és el cas del dipòsit de retenció – o que els individus siguin posteriors a aquest any (arbre 34); en el mapa, però, els arbres del voltant majoritàriament tenen edats prèvies al succés però en la majoria dels casos no es detecta cap resposta per part de l’arbre a un impacte de l’aigua, el que podria arribar a fer pensar que no els va afectar. En el cas del 39 els arbres més afectats es concentrarien a la zona sud i just a la vora del canal. En un principi, s’esperava una resposta dels arbres més general i de més envergadura, ja que és un dels impactes contrastats amb més conseqüències al con, però pel que sembla l’aigua no els hi va produir suficient dany; sí que és cert que l’arbre 21 té una supressió de creixement i el 22 un gran nombre de conductes traumàtics per aquest any, però la *Tilia*, per l’anatomia de la seva fusta, és molt difícil de contemplar-hi anomalies (n’hi hauria d’haver), a més que la resta d’arbres no hi eren, si no han crescut sobre aquest dipòsit.

L’altra gràfica (5.4), que representa la mitja mòbil pel mateix espai temporal, encara mostra més clarament quins han estat els períodes amb major freqüència d’esdeveniments, uns dels quals podria molt ben ser el de la dècada dels 80 i dels 90, ja fos per alguna pulsació climàtica que promogués els debris flows, com per la desforestació del bosc, que afavoria aquests tipus de successos. A més, en aquesta mateixa figura encara ressalta molt més l’any 1939, que es troba agrupat en un pic que inclou, aproximadament, entre el 1935 i el 1940. Segons SCHULTE, L. (COMUNICACIÓ ORAL, 2017), altres anys que també hi hagué successos a aquesta àrea van ser el 1930, 1935, 1936 i 1940, entre d’altres, que són els anys que formen aquest pic que finalitza amb el 1939. L’any 59, per contra, continua sense representar un any amb esdeveniments catastròfics, tot i l’afirmació de la documentació històrica.

També hi ha la dècada més actual que ressalta per sobre la resta del període (una de les causes és que tots els arbres han enregistrat aquests esdeveniments), tot i que també hi ha hagut situacions devastadores com les inundacions del 2005 i la tempesta Niklas, que afectà els Alps Bernesos i el Cantó de Lucerna el 2015. Cap a l’inici de la sèrie, entre el 1870 i el 1880 sembla haver-hi un conjunt d’arbres que destaquin sobre el nombre d’arbres afectats de la resta d’anys

més propers, tot i la falta de dades perquè gran part dels cores no arribaven a aquesta edat; tot i això, sembla que no es produí cap esdeveniment important que pogués afectar els arbres de la conca.

Està prenent força la idea que molts dels arbres afectats per conductes traumàtics resinífers (que en són molts) no tinguin res a veure amb esdeveniments de caràcter hidrològic. És a dir, si es parteix de l’última dècada – la que tots els arbres han sofert –, la gran majoria s’han vist afectats per les fortes tempestes que s’han esmentat a l’apartat de “Context de l’estudi” i que s’havien de comprovar si estaven representades en anomalies en els arbres perquè haguessin causat algun tipus d’esdeveniment com és un debris flow o una avingudes torrencials (dos dels grans riscos que aguaiten la zona). S’ha comprovat que realment sí que hi ha conductes en la gran majoria d’aquests anys, però només n’hi ha dos – 1999 i 2005 – que està confirmat que afectessin la conca amb episodis com els anomenats en aquest mateix paràgraf. A la resta d’anys hi poden haver anomalies per causes com fortes ratxes de vent o pedregades, dos altres riscos que poden acompanyar perfectament una tempesta i que no tenen res a veure amb el recurs hídric.

La gràfica 5.5, en la qual s’han ajuntat les diverses pertorbacions, reafirma alguns dels casos de l’anterior figura. Per exemple, l’esdeveniment del 1959 continua sense adquirir gaire importància (segurament per les raons ja esmentades), però sorprenentment el del 39, que encara destacava, no apareix, cosa que significa que en la compilació de pertorbacions entre arbres, no hi ha altres anomalies, sinó que aquest any només s’hi detecten conductes resinífers traumàtics; contràriament, a la figura 5.6, la dècada dels 30 encara manté una certa importància com a període de successos naturals.

En general, però, la gràfica amb la mitjana mòbil ressegueix bastant a la perfecció a la del nombre d’arbres afectats per més d’una anomalia, destacant els grans pics com el del 2005 – 2010, a principis dels anys 90, 80 i 60, 1936 – 37, inicis dels 20 i la dècada del 1890. Aquests períodes que marca la mitjana mòbil s’ajusten a les dades de SCHULTE (2017) parcialment; és a dir, coincideixen els clústers d’inundacions amb les pulsacions d’increment de danys que marca la mitjana mòbil, però la intensitat de les avingudes i debris no coincideix tant, i això es pot veure clarament en els dos anys més catastròfics per la conca, que no està suficientment assenyalat en el creixement (anòmal) dels arbres. Una de les causes podria ser que molts dels arbres no estiguessin a l’abast de les inundacions, tot i que també s’observen que altres anys, que en un principi no es varen produir avingudes ni debris, estan fortament afectats, el que podria derivar que molts dels senyals analitzades en el creixement fossin causades per altres fenòmens (calamarsa, vent, etc.) que també poden esdevenir en fortes tempestes. Aquest treball, però, no investiga aquests fets, a més que necessiten una anàlisi concret, tant de la zona com de les afectacions que en derivarien, ja que l’estadística usada no pot arribar a extreure aquestes conclusions.

7. Conclusions

Per començar, tornar a repetir que els arbres escollits per datar-los no tenien cap senyal externa visual que fes pensar que havien estat impactats per cap debris flow; és a dir, que en la sortida de camp que es realitzà el juny del 2016 es varen buscar arbres simplement per ser datats i, en conseqüència, reafirmar la datació que es va portar a terme per SCHULTE ET AL., 2016 dels lòbuls – provocats per debris flows en el passat – que hi havia al bosc del ventall al·luvial. Només hi ha la mostra EBPA32Y o X1 (codificació de cada cara) que es tracta d’un fragment de tronc d’un arbre jove que estava clarament afectat, externament, per un debris flow i que el localitza dintre el canal actual d’Eistlenbach. Una altra mostra que també tenia probabilitats de tenir un impacte – tot i que no havia ferida externa – era la *Tilia cordata*, que es trobava dintre d’un paleo - canal de la part inferior del con, que es reactivà amb l’esdeveniment del 1939, sent l’arbre més jove que el debris; no s’ha pogut demostrar que n’hi hagués cap anomalia perquè el tipus de fusta que té obstrueix l’anàlisi de certes pertorbacions, com també és el cas del *Pinus sylvestris*, amb una gran quantitat de conductes resinífers no traumàtics.

De les 21 situacions atmosfèriques adverses (fortes tempestes) que es recolliren en un primer moment a les taules 4.16 i 5.8, només n’hi ha 7 que estan contemplades com esdeveniments hidrològics que afectaren la conca. D’aquestes 7, els del 1939 i el 1959 són els que modificaren de forma més intensa la morfologia del ventall al·luvial; el primer reactivant un canal que formà un petit dipòsit al sud de la conca, i el segon modificant definitivament la trajectòria del flux principal, desplaçant-lo cap a l’est del con. Com s’ha explicat en el paràgraf anterior, hi ha una gran probabilitat que en els dos successos, els debris afectessin els arbres més propers però que aquests fossin capaços de sobreviure. Dintre de la conca hi ha tres grans dipòsits més: el de la part superior del con, que es troba sense datar, però que es coneix gràcies a la dendrocronologia que ha de ser previ al 1842; a la part inferior, l’assenyalat com a pre1927 que no es pot concretar més l’edat perquè les datacions dels arbres que hi han crescut són bastant posteriors; i finalment un altre que es troba sense datar però es pot afirmar que és anterior al pre1927, ja que sobre la seva superfície han nascut arbres de quasi 200 anys de vida (1864 i 1819) que no varen estar afectats per cap debris ni inundació.

S’esperaven edats més antigues dels arbres de les que s’han pogut extreure per poder datar millor els dipòsits sedimentaris i així acotar també les seves edats. Que no s’hagi aconseguit pot ser degut a la silvicultura, una pràctica molt estesa a tot el país i que s’ha comprovat que també afectà el bosc de la conca d’Eistlenbach. Aquesta, segons els seus interessos escullen uns arbres o uns altres per ser datats, però normalment són els més grossos els que es talen, per així deixar créixer els més joves per talar-los en el futur. Aquesta activitat redueix la possibilitat de mostrejar arbres més vells que aportarien molta més informació a l’estudi.

Algunes de les anomalies en el creixement poden ser degudes a l’explotació del bosc (el cas més clar seria l’alliberament del creixement, perquè l’arbre deixa de tenir una competència directa amb els seus veïns). La resta de pertorbacions podrien ser provocades per impactes més severs i directes, com és el trencament de la capçada, desenterrament de les arrels, l’abrasió d’un debris flow... Segons els resultats obtinguts, es pot treure la conclusió que hi ha molts traumatismes en anys en els quals no hi ha hagut cap tipus d’esdeveniment hidrològic a la zona però sí que són importants per fortes tempestes, temporals de vent o calamarsades. Això podria indicar que és una zona molt exposada a qualsevol d’aquests riscos i que, en conseqüència, no

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d'Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l'anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

tots els senyals que hi ha a l'estructura interna dels arbres han estat provocats per l'impacte de l'aigua, sinó també per fortes tempestes que anaven acompanyades de pedra o calamarsa i forts cops de vent.

Aquest fet obre les portes a una nova recerca redirigida en un estudi més exhaustiu de la conca, la seva exposició a aquests riscos naturals i la freqüència i intensitat d'aquestes situacions meteorològiques, com podrien ser les que s'han esmentat al llarg del treball i amb les que simplement es pretenia veure si els arbres tenien una resposta perquè, a priori, es pensava que aquests podrien haver arribat a provocar avingudes; en definitiva, sempre es tenia a la ment que els arbres estaven afectats per potents fluxos d'aigua que descendien pel con (tot i que en molts casos es tenia present que la gran majoria d'arbres no estaven dins la zona d'influència d'una avinguda, si no només els que es localitzaven al marge del canal actiu en aquell moment).

En definitiva, aquesta nova línia que s'ha començat a dibuixar pot ser prioritària a l'hora de continuar la investigació, ja que llavors es podria acotar encara més els arbres afectats per debris, els que ho han estat per altres causes i els que queden protegits i no reben impactes, per exemple. Clarament, és una línia d'investigació que s'explotarà en el futur Treball de Final de Màster i que pot aportar una gran quantitat d'informació a la investigació portada a terme per LOTHAR SCHULTE i l'equip de FLUVALPS.

8. Bibliografia

Pàgines web

GBIF. Global Biodiversity Information Facility (1881). *Picea abies* (L.) H. Karst. Recuperat de: <<https://www.gbif.org/species/5284884>>.

Gilman, E.F., Watson, D.G. (1994). *Tilia cordata*. *Littleleaf Linden*. Recuperat de: <http://hort.ifas.ufl.edu/database/documents/pdf/tree_fact_sheets/tilcora.pdf>.

MeteoSwiss. Federal Office of Meteorology and Climatology (2014). *Climate of Switzerland*. Recuperat de: <<http://www.meteoswiss.admin.ch/home/climate/past/climate-of-switzerland.html>>.

MeteoSchweiz. Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz (2016). Homogene Monatsdaten. Recuperat de: <<http://www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/vergangenheit/homogene-monatsdaten.html?station=eng>>.

NAGRA. National Cooperative for the Disposal of Radioactive Waste (s.d). *Geology of Switzerland*. Recuperat de: <<http://www.nagra.ch/en/geologyofswitzerland.htm>>.

Olcina, J. (2011). *Un mundo de riesgo*. Recuperat de: <http://www.fgcsic.es/lychnos/es_ES/articulos/un_mundo_de_riesgo>.

PLANAT. National Platform for Natural Hazards (s.d). *Historical events*. Recuperat de: <<http://www.planat.ch/en/knowledge-base/chronicle/historical-events/>>.

Quanterra (s.d). *List of some recent natural hazards and disasters in Switzerland and in the world*. Recuperat de: <http://www.quanterra.org/list_cata_1.htm>.

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d’Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l’anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

Sullivan, J. (1993). *Index of Species Information: Pinus sylvestris*. Recuperat de: <<https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/pinsyl/all.html>>.

Sullivan, J. (1994). *Index of Species Information: Picea abies*. Recuperat de: <<https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/picabi/all.html>>.

SWI (2015). *How Switzerland beefed up its flood defences*. Recuperat de: <https://www.swissinfo.ch/eng/flood-of-the-century_how-switzerland-beefed-up-its-flood-defences/41611474>.

Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape and Research WSL (2010). *Index of English Terms*. Recuperat de: <http://www.wsl.ch/dienstleistungen/produkte/glossare/dendro_glossary/listindex_EN?language=English>.

Thoele, A. (2011). *Bosques suizos: protegerlos para sobrevivir*. Recuperat de: <<https://www.swissinfo.ch/spa/sociedad/bosques-suizos--protegerlos-para-sobrevivir/30967246>>.

University of Reading (2014). *Extreme windstorms (XWS) Catalogue*. Recuperat de: <<http://www.europeanwindstorms.org/>>.

Urban Forest Ecosystems Institute (1995 - 2017). *SelecTree: Tree Detail. Greenspire Littleleaf Linden*. Recuperat de: <<https://selectree.calpoly.edu/tree-detail/tilia-cordata-greenspire>>.

Urban Forest Ecosystems Institute (1995 - 2017). *SelecTree: Tree Detail. Scots Pine*. Recuperat de: <<https://selectree.calpoly.edu/tree-detail/pinus-sylvestris>>.

WorldAtlas (2015). *Alps Mountain Range*. Recuperat de: <<http://www.worldatlas.com/aatlas/infopage/alps.htm>>.

Articles científics

Bollschweiler, M.; Stoffel, M. i Schneuwly, D. M. (2007). *Dynamics in debris - flow activity on a forested cone – A case study using different dendroecological approaches*. Catena 72, 67 – 78.

Bollschweiler, M. i Stoffel, M. (2010). *Variations in debris - flow occurrence in an Alpine catchment – A reconstruction based on tree rings*. Global and Planetary Change 73, 186 - 192.

Carvalho, F. (2014). *Análisis multi - proxy paleoambiental y modelización de registros sedimentarios fluviales en los Alpes Suizos* (tesis doctoral). Universitat de Barcelona.

Federal Office for the Environment, Spreafico, M. (2006). *Flash floods in mountain areas*. Climate Variability and Change – Hydrological Impacts, IAHS Publ. 308.

Hilker, N.; Badoux, A. i Hegg, C. (2009). *The Swiss flood and landslide damage database 1972 – 2007*. Natural Hazards Earth System Sciences, 9, 913 – 925.

Hübl, J.; Kienholz, H. i Loipersberger, A. (2002). *DOMODIS – Documentation of Mountain Disasters. State of Discussion in the European Mountain Areas*. International Research Society INTERPRAEVENT.

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d'Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l'anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

Kogelnig - Mayer, B.; Stoffel, M., i Schneuwly - Bollschweiler, M. (2013). *Four -dimensional growth response of mature Larix decidua to stem burial under natural conditions*. Trees. DOI: 10.1007/s00468-013-0870-4.

Llorca, J. (2015). *Agradación fluvial en la llanura deltaica de Haslital (Alpes Suïzos). Anàlisi de fàcies sedimentàries y modelización cronoestratigràfica* (tesis doctoral). Universitat de Barcelona, Barcelona.

Losada Gómez, J., Schulte, L., Gómez – Bolea, A. (2015). *Dating alpine debris – flow cones by means of lichenometry*. Conference Programs and Abstracts, 2015.

Monterrubio, G. (2016). *Analysis of historical floods in alpine torrents inferred from historical maps, aerial images and sedimentary records* (tesis doctoral). Universitat de Barcelona, Barcelona; Universitat de Girona, Girona.

Monterrubio, G. i Schulte, L. (2016). *Historical floods analysis of the Eistlenbach and Farnigraben torrents in the Hasli Valley (Bernese Alps) inferred from sedimentary records, historical maps and remote sensing*. Geophysical Research Abstracts, Vol. 18.

Procter, E.; Stoffel, M.; Schneuwly - Bollschweiler, M. i Neumann, M. (2012). *Exploring debris - flow history and process Dynamics using an integrative approach on a dolomitic cone in western Austria*. Earth Surface Processes and Landforms.

Rickenmann, D, Koschni, A. (2010). *Sediment loads due to fluvial transport and debris flows during the 2005 flood events in Switzerland*. Hydrological Processes, 993 – 1007.

Rubel, F.; Brugger, K.; Haslinger, K. i Auer, I. (2016). *The climate of the European Alps: hift of very high resolution Köppen – Geiger climate zones 1800 – 2100*. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 26, No. 2, 115 – 125. Recuperat de: <<http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/alps.htm>>.

Schulte, L., Julià, R., Oliva, M., Burjachs, F., Veit, H., Carvalho, F. (2008). *Sensivity of Alpine fluvial environments in the Swiss Alps to climate forcin during the Late Holocene*. Sediment Dynamics in Changing Environments, IAHS Publ. 325.

Schulte, L., Veit, H., Burjachs, F., Julià, R. (2009). *Lütschine fan delta response to climate variability and land use in the Bernese Alps during the last 2400 years*. Geomorphology 108, 107 – 121.

Schulte, L., Peña, J.C., Julià, R., Carvalho, F., Llorca, J., Losada, J., Burjachs, Schimdt, T., Rubio, P., F., Veit, H., (2014). *Climate forcin of Paleofloods in the Swiss Alps*. XII Reunión Nacional de Geomorfología, Cáceres 2014.

Schulte, L., Peña, J.C., Carvalho, F., Llorca, Schimdt, T., Julià, R., Llorca, J., Veit, H., (2015). *A 2600 - year history of floods in the Bernese Alps, Switzerland: freqüències, mechanisms and climate forcing*. Hydrology and Earth System Sciences, 19, 3047 – 3072.

Schulte, Carvalho, F., Llorca J., Monterrubio, G., Peña, J.C., Cabrera - Medina, P., Gómez - Bolea, A., Sánchez - García, C. (2016). *Response of paleofloofs to climate variability in alpine catchments of diferents size reconstructed from floodpain sediments. Similitaries or differences?*. Geophysical Research Abstracts, Vol. 18.

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d’Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l’anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

Stoffel, M. (2008). *Dating past geomorphic processes with tangential rows of traumatic resin ducts*. Dendrochronologia 26, 53 – 60.

Stoffel, M. i Bollschweiler, M. (2009). *What tree rings can tell about Earth - surface processes: Teaching the principles of dendrogeomorphology*. Geography Compass 3/3, 1013 – 1037.

Stoffel, M.; Bollschweiler, M.; Widmer, S. i Sorg, A. (2010). *Spatio - temporal variability in debris - flow activity: a tree - ring study at Geisstriftbach (Swiss Alps) extending back to AD 1736*. Swiss J Geosci, 103:283 - 292.

Wendeler, C.; Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL (2016). *Debris - flow Protection Systems for Mountain Torrent. Basic Principles for Planning and Calculation of Flexible Barriers*. WSL Berichte, Heft 44. 7 Stokes

Llibres

Bradley, Raymond, S. (1948). *Paleoclimatology: Reconstructing climates of the Quaternary*. Amsterdam: Elsevier, 2015, 3a edició, pàgs.

Douglass, A.E. 1920 Evidence of climatic effects in the annal rings of trees. Ecology, Vol I, Nº.

Holmes, R. L. 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. Tree-Ring Bulletin, 43, 69-75.

Speer, J.H. (2010). *Fundamentals of tree – ring research*. The University of Arizona Press. ISBN: 978-0-8165-2684-0.

Stokes, M. A. Smiley, T. L. 1968. An introduction to tree-ring dating. University of Chicago Press, Chicago, IL.

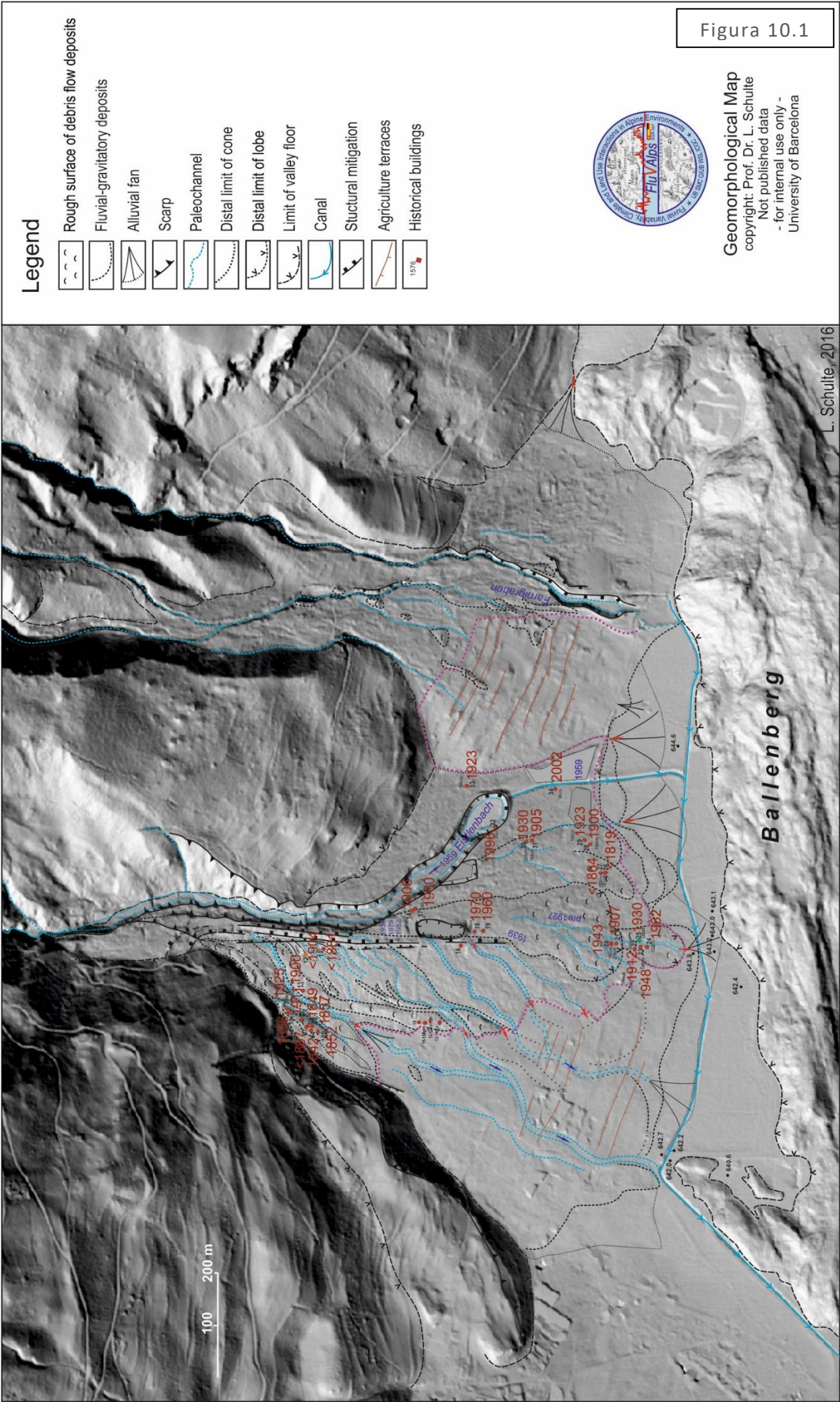
Yamaguchi, D.K. 1991. A simple method for cross-dating increment cores from living trees. Canadian Journal of Forest Research, 21(3): 414-416.

10. Annexos

Figura 10.1: Mapa morfoestratigràfic del ventall al·luvial d’Eistlenbach amb les dates dels arbres sondejats. **Font:** Base cedida per SCHULTE et al. (2016) i aportació dendrocronològica per elaboració propia.

Taula 10.2: Taula del “Mostreig dendrocronològic CH – Juliol 2016 Eistlenbach”. **Font:** Base cedida per SCHULTE et al. (2016) i elaboració propia.

“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d’Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l’anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).



“Aportació a la reconstrucció de la dinàmica fluvial del ventall al·luvial d’Eistlenbach (Alps Bernesos, Suïssa) a partir de l’anàlisi dendrocronològic de *Picea abies*”; Casanovas i Arimon, L. (2017).

Mostreig dendrocronològic CH - Juliol 2016 Eistlenbach

Data	Referència	Especie	Circumferència [cm]	Orientació	Alçada [cm]	Radi	Nº arbre	Nova codificació	Observacions	Dataid visual	Validació dataid	Punt final
21.07.2016	EB-1.1	<i>Picea abies</i>					1	EBPA01V1		2016 - 1891	2016 - 1892	Totalitat core
	EB-1.2	<i>Picea abies</i>					2	EBPA02V1		2016 - 1920	2011 - 1918	Medulla
	EB-1.3	<i>Picea abies</i>					3	EBPA03V1		2016 - 1928	2016 - 1929	Medulla
	EB-1.4	<i>Picea abies</i>	69	0°	110	9.3	4	EBPA04N1		2016 - 1842	2016 - 1844	Medulla
	EB-1.5	<i>Picea abies</i>	69	270°	120	10.3	4	EBPA04W1		2016 - 1848	2016 - 1850	Medulla
	EB-1.6	<i>Picea abies</i>	57.5	0°	110	7.7	5	EBPA05N1		2016 - 1918	2016 - 1918	Medulla
	EB-1.7	<i>Picea abies</i>	57.5	270°	120	8.2	5	EBPA05W1		2016 - 1911	2016 - 1912	Medulla
	EB-1.8	<i>Picea abies</i>	158	0°	119	19.5	6	EBPA06N1		2016 - 1849	2016 - 1849	Trencament
	EB-1.9	<i>Picea abies</i>	158	270°	131	23.5	6	EBPA06W1		2016 - 1852	2016 - 1852	Totalitat core
	EB-1.10	<i>Picea abies</i>	157	0°	131	17.7	7	EBPA07N1		2016 - 1914 - [1867]	2016 - 1915	Trencament + Medulla
	EB-2.1	<i>Picea abies</i>	157	270°	142	no data	7	EBPA07W1		2016 - 1926 - [1883]	2016 - 1926	Trencament + Medulla
	EB-2.2	<i>Picea abies</i>	188	270°	135	23	8	EBPA08N1	1a mostra	2016 - 1870	2016 - 1874	Medulla
	EB-2.3	<i>Picea abies</i>	188	270°	138	28	8	EBPA08W1	2a mostra (2.3 <- 2.4)	2016 - 1857	2016 - 1858	Medulla
	EB-2.4	<i>Picea abies</i>	182	270°	134							
	EB-2.5	<i>Picea abies</i>	182	270°	134	19.1	9	EBPA09W1	1a mostra	2016 - 1852	2016 - 1852	Trencament
	EB-2.6	<i>Picea abies</i>	182	270°	158	27.5	9	EBPA09N1	2a mostra (2.6 <- 2.7)	2016 - 1855	2016 - 1855	Trencament
	EB-2.7	<i>Picea abies</i>	182	270°	158							
	EB-2.8	<i>Picea abies</i>	288	270°	133	>38	10	EBPA10W1	1a mostra	2016 - 1925	2016 - 1926	Totalitat core
	EB-2.9	<i>Picea abies</i>	288	270°	133	>34	10	EBPA10N1	2a mostra (2.10 <- 2.9)	2016 - 1856	2016 - 1910	Totalitat core
22.07.2016	EB-2.10	<i>Picea abies</i>	288	270°	144							
	EB-3.1	<i>Picea abies</i>	131	270°	128	16.5	11	EBPA11N1		2016 - 1916	2016 - 1910	Trencament
	EB-3.2	<i>Picea abies</i>	131	270°	134	15.5	11	EBPA11W1		2016 - 1900	2016 - 1900	Medulla
	EB-3.3	<i>Plus sylvestris</i>	178	270°	138	21.8	12	EBPS12N1	1a mostra (3.3 <- 3.4)	2016 - 1908 - [1904]	2016 - 1909	Trencament + Medulla
	EB-3.4	<i>Plus sylvestris</i>	178	270°	138	26.2						
	EB-3.5	<i>Plus sylvestris</i>	178	270°	138		12	EBPS12W1	2a mostra	2016 - 1909	2016 - 1910	Totalitat core
	EB-3.6	<i>Picea abies</i>	161	270°	130	15.7	13	EBPA13N1	1a mostra	2016 - 1938 - [1913]	2016 - 1929	Trencament + Totalitat core
	EB-3.7	<i>Picea abies</i>	161	270°	139	17.2	13	EBPA13W1	2a mostra (3.7 <- 3.8)	2016 - 1892 - [1884]	2016 - 1892	Trencament + Medulla
	EB-3.8	<i>Picea abies</i>	161	270°	139							
	EB-3.9	<i>Picea abies</i>	186	270°	122	27.5	14	EBPA14W1	core descartat	2016 - 1906	2016 - 1910	Trencament
	EB-3.10	<i>Picea abies</i>	186	270°	113	29.5	xx					
	EB-4.1	<i>Picea abies</i>	102	270°	111	12.5	15	EBPA15N1		2016 - 1891	2016 - 1892	Totalitat core
	EB-4.2	<i>Picea abies</i>	102	270°	131	14	xx					
	EB-4.3	<i>Picea abies</i>	106	270°	133	13	17	EBPA17N1	core descartat	2016 - 1930	2016 - 1931	Medulla
	EB-4.4	<i>Picea abies</i>	106	270°	130	16	17	EBPA17W1		2016 - 1927	2016 - 1940	Totalitat core
	EB-4.5	<i>Picea abies</i>	101	270°	116	14.5	18	EBPA18N1		2016 - 1970	2016 - 1978	Medulla
	EB-4.6	<i>Picea abies</i>	101	270°	129	16	18	EBPA18W1		2016 - 1974	2016 - 1975	Totalitat core
	EB-4.7	<i>Picea abies</i>	101	270°	116	14.5	19	EBPA19N1		2016 - 1962	2016 - 1963	Medulla
	EB-4.8	<i>Picea abies</i>	101	270°	129	16	19	EBPA19S1		2016 - 1960	2016 - 1962	Medulla
23.07.2016	EB-4.9	<i>Picea abies</i>	180	270°	120	22.5	20	EBPA20N1		2016 - 1948	2016 - 1949	Medulla
	EB-20.2	<i>Picea abies</i>	180	270°	138	28	20	EBPA20W1		2016 - 1944	2016 - 1944	Totalitat core
	EB-21.1	<i>Picea abies</i>	214	270°	122	30	21	EBPA21N1		2016 - 1907	2016 - 1908	Totalitat core
	EB-21.2	<i>Picea abies</i>	214	270°	147	25.5	21	EBPA21W1		2016 - 1933 - [1920]	2014 - 1932	Trencament + Totalitat core
	EB-22.1	<i>Picea abies</i>	244	270°	115	35.5	22	EBPA22N1		2016 - 1912	2016 - 1912	Totalitat core
	EB-22.2	<i>Picea abies</i>	244	270°	148	36	22	EBPA22W1		2016 - 1924	2016 - 1925	Totalitat core
	EB-23.1	<i>Picea abies</i>	149	270°	127	21	23	EBPA23N1		2016 - 1948	2016 - 1949	Totalitat core
	EB-23.2	<i>Picea abies</i>	149	270°	128	20.5	23	EBPA23W1		2016 - 1973	2016 - 1974	Totalitat core
	EB-24.1	<i>Picea abies</i>	132	270°	123	23.5	24	EBPA24N1		2016 - 1962	2016 - 1963	Totalitat core
	EB-24.2	<i>Picea abies</i>	132	270°	135	19	24	EBPA24W1		2016 - 1977 - [1968]	2016 - 1969	Trencament + Medulla
	EB-25.1	<i>Tilia cordata</i>	138	270°	126	21	25	EBTC25W1		2016 - 1931	2016 - 1931	Totalitat core
	EB-25.2	<i>Tilia cordata</i>	138	270°	136	17	25	EBTC25S1		2016 - 1930	2016 - 1932	Totalitat core
	EB-26.1	<i>Picea abies</i>	181	270°	127	25	26	EBPA26N1		2016 - 1868 - [1827]	2013 - 1868	Trencament + Medulla
	EB-26.2	<i>Picea abies</i>	181	270°	163	28.5	26	EBPA26W1		2016 - 1858 - [1819]	2012 - 1855	Trencament + Totalitat core
	EB-27.1	<i>Picea abies</i>	155	270°	135	23	27	EBPA27N1		2016 - 1884 - [1875 - [1864]	2016 - 1882	Trencaments + Totalitat core
	EB-27.2	<i>Picea abies</i>	155	270°	147	26.5	27	EBPA27W1		2016 - 1882	2016 - 1883	Totalitat core
	EB-28.1	<i>Picea abies</i>	151	270°	119	21	28	EBPA28N1		2016 - 1900	2016 - 1900	Medulla
	EB-28.2	<i>Picea abies</i>	151	270°	133	22.5	28	EBPA28W1		2016 - 1919	2016 - 1920	Medulla
	EB-29.1	<i>Picea abies</i>	160	270°	132	26	29	EBPA29N1		2016 - 1933	2016 - 1934	Medulla
	EB-29.2	<i>Picea abies</i>	160	270°	140	29	29	EBPA29W1		2016 - 1923	2016 - 1924	Totalitat core
EB-30.1	EB-30.1	<i>Picea abies</i>	205	270°	131	25	30	EBPA30W1	Mostra alterada	2016 - 1930	2016 - 1931	Trencament
	EB-31.1	<i>Picea abies</i>	151	270°	113	23	31	EBPA31W1		2016 - 1905	2016 - 1916	Totalitat core
	EB-31.2	<i>Picea abies</i>	151	270°	134	21	31	EBPA31S1		2016 - 1938 - [1917]	2016 - 1938	Trencament + Totalitat core
	EB-32	<i>Picea abies</i>						EBPA32V1	Dipòsit de retenció	2016 - 1996	2016 - 1997	Totalitat core
		<i>Picea abies</i>						EBPA32X1		2016 - 1998	2016 - 1999	Totalitat core
	EB-33.1	<i>Picea abies</i>	196	320	117	23.5	33	EBPA33N1		2016 - 1929	2016 - 1929	Totalitat core
	EB-33.2	<i>Picea abies</i>	196	320	128	35.5	33	EBPA33W1		2016 - 1923	2016 - 1924	Totalitat core
	EB-34.1	<i>Picea abies</i>	36	34	124	6	34	EBPA34N1		2016 - 2002	2016 - 2001	Totalitat core

Taula 10.2